

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-041234

(43)Date of publication of application : 13.02.1998

(51)Int. CI.

H01L 21/20

H01L 21/268

H01L 27/115

H01L 27/12

H01L 21/8247

H01L 29/788

H01L 29/792

H01L 29/786

H01L 21/336

(21)Application number : 09-088728

(71)Applicant : SONY CORP

(22)Date of filing : 24.03.1997

(72)Inventor : NOGUCHI TAKASHI  
KANETANI YASUHIRO  
KUNII MASABUMI  
IKEDA YUJI  
USUI SETSUO

(30)Priority

Priority number : 08150306

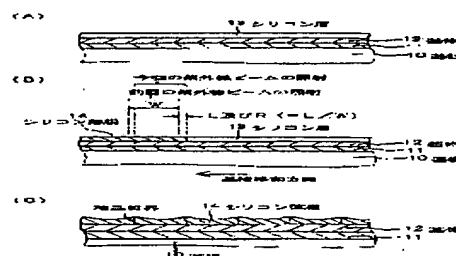
Priority date : 22.05.1996

Priority country : JP

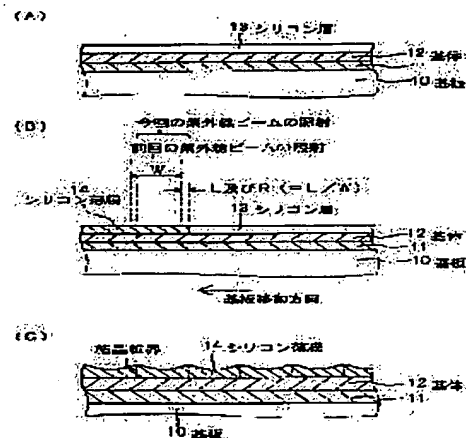
(54) SILICON THIN FILM, SILICON SINGLE CRYSTAL PARTICLE GROUP AND THEIR FORMING METHOD, AND SEMICONDUCTOR DEVICE, FLASH MEMORY CELL AND THEIR MANUFACTURE

(57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a forming method of a silicon thin film which can arrange regularly silicon single crystal particle group on an insulating film, and form it easily in a short time.



SOLUTION: An amorphous or polycrystalline silicon layer 13 formed on a substrate 12 is irradiated with a pulsed UV ray beam, thereby forming a silicon thin film 14 composed of silicon single crystal particle group on the substrate 12. In the above forming method of a silicon thin film, the traveling amount L of UV beam irradiation position from irradiation finish of a rectangular UV ray beam to the next irradiation start of the rectangular UV ray beam is set at most  $40\mu\text{m}$ , and the ratio R ( $=L/W$ ) of the traveling amount to the width W of the UV ray beam which is measured along the traveling direction is set to be 0.1-5%. Thereby a silicon thin film composed of nearly rectangular silicon single crystal particle group arranged in a lattice type on the substrate is formed. The preferred orientation to the surface of the substrate of silicon single crystal particles is almost (100).



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 26. 03. 2003

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998, 2003 Japan Patent Office

JP 10-041234

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] An ultraviolet-rays beam is irradiated in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. It is the formation approach of the silicon thin film which forms on a base the silicon thin film which consists of a silicon single crystal particle group. Movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is set to 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is made into 0.1 thru/or 5%. With, the formation approach of the silicon thin film characterized by consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forming on a base the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing.

[Claim 2] Die length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is the formation approach of the silicon thin film according to claim 1 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 3] The average thickness of a silicon thin film is the formation approach of the silicon thin film according to claim 1 characterized by being  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $1 \times 10$  to 7 m.

[Claim 4] A base is the formation approach of the silicon thin film according to claim 1 characterized by consisting of silicon oxide or silicon nitride.

[Claim 5] Two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces are the formation approach of the silicon thin film according to claim 1 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 6] (b) Irradiate an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. With, the process which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forms on a base the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing, It is the formation approach of the silicon single crystal particle group which changes. this silicon single crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- the process made into a condition -- since -- Movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is set to 40 micrometers or less. And the formation approach of the silicon single crystal particle group characterized by making into 0.1 thru/or 5% the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction.

[Claim 7] the silicon single crystal particle which said process (b) adjoins -- alienation -- the formation

10 approach of the silicon single crystal particle group according to claim 6 which the process made into a condition oxidizes the silicon thin film formed in said process (b), and is characterized by consisting of the process which forms the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles.

[Claim 8] Die length of one side of the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) is the formation approach of the silicon single crystal particle group according to claim 6 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 9] The average thickness of the silicon thin film formed in said process (b) is the formation approach of the silicon single crystal particle group according to claim 6 characterized by being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 10] A base is the formation approach of the silicon single crystal particle group according to claim 6 characterized by consisting of silicon oxide or silicon nitride.

[Claim 11] Two sides which the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) faces are the formation approach of the silicon single crystal particle group according to claim 6 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 12] It is the silicon thin film which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base, and is characterized by the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle being abbreviation <100> bearing.

[Claim 13] Die length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is a silicon thin film according to claim 12 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 14] The silicon thin film according to claim 12 characterized by average thickness being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 15] A base is a silicon thin film according to claim 12 characterized by consisting of silicon oxide or silicon nitride.

[Claim 16] A silicon single crystal particle group is formed by irradiating an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. The movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is a silicon thin film according to claim 12 characterized by being 0.1 thru/or 5%.

[Claim 17] Two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces are a silicon thin film according to claim 16 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 18] the silicon single crystal particle which it consists of the silicon single crystal particle of two or more abbreviation rectangles whose preferred orientation to the front face of a base is abbreviation <100> bearing, and a silicon single crystal particle is arranged in the shape of a grid on a base, and adjoins -- alienation -- the silicon single crystal particle group characterized by being in a condition.

[Claim 19] A silicon single crystal particle group irradiates an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the (b) base, or polycrystal. With, it consists of the silicon single crystal particle group <TXF FR=0001 HE=250 WI=080 LX=0200 LY=0300> of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base. The process which forms the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing, It is formed based on the process made into a condition. this silicon single crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- The movement magnitude of the

ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is a silicon single crystal particle group according to claim 18 characterized by being 0.1 thru/or 5%.

[Claim 20] the silicon single crystal particle which said process (b) adjoins -- alienation -- the silicon single crystal particle group according to claim 19 which the process made into a condition oxidizes the silicon thin film formed in said process (b), and is characterized by consisting of the process which forms the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles.

[Claim 21] Die length of one side of the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) is a silicon single crystal particle group according to claim 19 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 22] The average thickness of the silicon thin film formed in said process (b) is a silicon single crystal particle group according to claim 19 characterized by being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 23] Two sides which the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) faces are a silicon single crystal particle group according to claim 19 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 24] A base is a silicon single crystal particle group according to claim 18 characterized by consisting of silicon oxide or silicon nitride.

[Claim 25] An ultraviolet-rays beam is irradiated in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. After forming on a base the silicon thin film which consists of a silicon single crystal particle group, It is the manufacture approach of the semiconductor device which includes the process which forms a source drain field and a channel field in this silicon thin film or a silicon single crystal particle. Movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is set to 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is made into 0.1 thru/or 5%. With, the manufacture approach of the semiconductor device characterized by consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forming on a base the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing.

[Claim 26] Die length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is the manufacture approach of the semiconductor device according to claim 25 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 27] The average thickness of a silicon thin film is the manufacture approach of the semiconductor device according to claim 25 characterized by being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 28] A base is the manufacture approach of the semiconductor device according to claim 25 characterized by consisting of the silicon oxide or the silicon nitride formed on the substrate.

[Claim 29] Two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces are the manufacture approach of the semiconductor device according to claim 25 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 30] (b) Irradiate an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the tunnel oxide film, or polycrystal. With, the process which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forms the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the tunnel oxide film of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing on a tunnel oxide film, this silicon single

crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- the process which forms the floating gate which considers as a condition, with consists of a silicon single crystal particle group -- Are the manufacture approach of a \*\*\*\*\* flash plate memory cell, and movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is set to 40 micrometers or less. And the manufacture approach of the flash plate memory cell characterized by making into 0.1 thru/or 5% the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction.

[Claim 31] the silicon single crystal particle which said process (b) adjoins -- alienation -- the manufacture approach of the flash plate memory cell according to claim 30 which the process made into a condition oxidizes the silicon thin film formed in said process (b), and is characterized by consisting of the process which forms the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles.

[Claim 32] Die length of one side of the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) is the manufacture approach of the flash plate memory cell according to claim 30 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 33] The average thickness of the silicon thin film formed in said process (b) is the manufacture approach of the flash plate memory cell according to claim 30 characterized by being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 34] Two sides which the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) faces are the manufacture approach of the flash plate memory cell according to claim 30 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 35] It is the semiconductor device characterized by consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base, equipping the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle with the source drain field and channel field which were formed in the silicon thin film which is abbreviation <100> bearing, or this silicon single crystal particle, and changing.

[Claim 36] Die length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is a semiconductor device according to claim 35 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 37] The average thickness of a silicon thin film is a semiconductor device according to claim 35 characterized by being 1x10 to 8 m thru/or 1x10 to 7 m.

[Claim 38] A base is a semiconductor device according to claim 35 characterized by consisting of the silicon oxide or the silicon nitride formed on the substrate.

[Claim 39] A silicon single crystal particle group is formed by irradiating an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. The movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is a semiconductor device according to claim 35 characterized by being 0.1 thru/or 5%.

[Claim 40] Two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces are a semiconductor device according to claim 39 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

[Claim 41] A semiconductor device is a semiconductor device according to claim 35 characterized by being the thin film transistor of a bottom product gate mold.

[Claim 42] the silicon single crystal particle which it is the flash plate memory cell equipped with the

floating gate which is formed on a tunnel oxide film and consists of the silicon single crystal particle of two or more abbreviation rectangles whose preferred orientation to the front face of a tunnel oxide film is abbreviation <100> bearing, and a silicon single crystal particle is arranged in the shape of a grid on a tunnel oxide film, and adjoins -- alienation -- the flash plate memory cell characterized by being in a condition.

[Claim 43] Two or more silicon single crystal particles irradiate an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the (b) tunnel oxide film, or polycrystal. With, the process which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forms the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the tunnel oxide film of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing on a tunnel oxide film, It is formed based on the process made into a condition. this silicon single crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- The movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is 40 micrometers or less. And the rate of this movement magnitude to the width of face of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction is a flash plate memory cell according to claim 42 characterized by being 0.1 thru/or 5%.

[Claim 44] the silicon single crystal particle which said process (b) adjoins -- alienation -- the flash plate memory cell according to claim 43 which the process made into a condition oxidizes the silicon thin film formed in said process (b), and is characterized by consisting of the process which forms the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles.

[Claim 45] Die length of one side of the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) is a flash plate memory cell according to claim 43 characterized by being 0.05 micrometers or more.

[Claim 46] The average thickness of the silicon thin film formed in said process (b) is a flash plate memory cell according to claim 43 characterized by being  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $1 \times 10$  to 7 m.

[Claim 47] Two sides which the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in said process (b) faces are a flash plate memory cell according to claim 43 characterized by accomplishing the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation.

---

[Translation done.]

JP10-041234

**\* NOTICES \***

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

**DETAILED DESCRIPTION**

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to a semiconductor device, flash plate memory cells, and those manufacture approaches at a new silicon thin film, silicon single crystal particle groups and those formation approaches, and a list.

[0002]

[Description of the Prior Art] The silicon thin film which consists of the silicon single crystal particle group formed on the base is used for various kinds of semiconductor devices called the semiconductor device adapting a thin film transistor (it abbreviates to TFT hereafter), or a SOI technique, and a solar battery, or application to production of a micro machine is considered again.

[0003] In the field of a semiconductor device, the laminating mold SRAM which used TFT for the load component is proposed, for example. Moreover, TFT is used also for the liquid crystal panel for LCD. For example, in TFT of which high performance is required, the silicon thin film which consists of a silicon single crystal particle group is usually used for carrier mobility ( $\mu$ ), conductivity ( $\sigma$ ), an ON state current property, a subthreshold swing property, and electrical characteristics, such as ON / OFF state current ratio. And efforts to aim at improvement in SRAM or the property of TFT are advanced by enlarging magnitude of a silicon single crystal particle (diameter [of a large drop] -izing), combining it, reducing a twin crystal consistency, and reducing the trap consistency in a silicon single crystal particle.

[0004] In order to raise the electrical characteristics of this silicon thin film, diameter-ization of a large drop of a silicon single crystal particle (- 1 micrometer) is considered by the SPC technique (Solid Phase Crystallization, solid phase crystallization from amorphous silicon), and the ELA technique (Excimer Laser Anneal, melting crystallization using excimer laser). As the membrane formation approach of a silicon thin film based on an ELA technique, it is reference. "Dependence of Crystallization Behaviors of Excimer Laser Annealed Amorphous Silicon Film on the Number of Laser Shot", B.Jung, et al., AM-LCD 95, and pp 117-120 It is known. According to this reference, the preferred orientation of a silicon single crystal particle is supposed that the silicon thin film which is abbreviation  $\langle 111 \rangle$  bearing can be formed by repeating excimer laser in an amorphous silicon layer, and irradiating it. furthermore -- as the membrane formation approach of a silicon thin film based on an ELA technique -- for example, reference "Crystal forms by solid-state recrystallization of amorphous Si films on SiO<sub>2</sub>", T.Noma, and Appl.Phys.Lett. -- 59 (6), 5 August 1991, and pp 653-655 It is known. According to this reference, the formed silicon single crystal particle has  $\langle 110 \rangle$  bearings, and contains detailed {111} twin crystal.

[0005] furthermore, the graphoepitaxial growth technique of the silicon thin film using a strip heater -- for example, reference "Silicon graphoepitaxy using a strip-heater oven", M.W.Geis, et al., and Appl.Phys.Lett. -- 37 (5), 1 September 1980, and pp 454-456 from -- it is well-known. According to this reference, the silicon thin film on SiO<sub>2</sub> serves as texture (100).



[0006] Or formation of the silicon thin film which consists of a silicon single crystal particle group is performed again also by chemical vapor deposition (CVD method) or the random solid phase grown method. About formation of the polish recon crystal grain by the CVD method, JP,63-307431,A and JP,63-307776,A are well-known, for example. According to the technique indicated by these official reports, the preferred orientation of a silicon single crystal particle is  $\langle 111 \rangle$  bearings. By the way, in the usual chemical vapor deposition, when it is going to form the silicon thin film which consists of a big silicon single crystal particle group, it is difficult to form the silicon film which has uniform membranous quality and has high mobility by low leak. In a random solid phase grown method, although the particle size of a silicon single crystal particle is able to form the diameter[ of a large drop ]-ized silicon thin film 1 micrometers or more, it is difficult to grow up a silicon single crystal particle selectively, and, moreover, the grain boundary exists in a TFT active region in many cases. Consequently, dispersion arises in a TFT property by some of grain boundary fields, and there is a problem of causing compaction of the life time of TFT.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] In all the techniques indicated by these various reference and the patent disclosure official report, the silicon single crystal particle group is not regularly arranged on an insulator layer. If it becomes possible to arrange a silicon single crystal particle group on an insulator layer regularly, control of a property much more more advanced than that of TFT and homogeneous improvement in a property can be aimed at, for example, it becomes possible to form one TFT in one silicon single crystal particle, and the further development of a SOI technique can be expected.

[0008] The approach of arranging a silicon nucleus or a crystalline nucleus in a desired location, and forming the silicon single crystal particle of the diameter of a large drop in it based on this silicon nucleus or crystalline nucleus is well-known from JP,3-125422,A, JP,5-226246,A, JP,6-97074,A, or JP,6-302512,A. In the technique indicated by JP,3-125422,A, although it is necessary to form a minute silicon nucleus or a minute crystalline nucleus by performing patterning using a lithography technique, it is difficult to form a minute silicon nucleus or a minute crystalline nucleus with a lithography technique with the present technique. When the magnitude of a silicon nucleus or a crystalline nucleus is large, polycrystal is easy to be formed, it is easy to generate twin crystal and a rearrangement, and lowering of a throughput is caused. Moreover, it can converge thinly, and in the technique indicated by JP,5-226246,A, JP,6-97074,A, or JP,6-302512,A, it is necessary to irradiate the energy beam in which direct writing is possible at an amorphous silicon layer, or to perform an ion implantation. So, since the formation process of a silicon single crystal particle needs about [ being complicated ] and a solid phase growth process, in order to obtain a silicon single crystal particle, long duration is required, and there is a problem of causing lowering of a throughput.

[0009] On the other hand, development of current and nonvolatile memory is performed briskly. And examination is wholeheartedly advanced focusing on the flash memory which has floating-gate structure, and low-battery-ization is advanced with detailed-ization of a memory cell. In this flash memory, the writing and elimination of data are performed by pouring a charge into the floating gate or emitting a charge from the floating gate. Although various kinds of charge pouring-in methods are proposed, the channel hot electron pouring-in method and the method of impressing high electric field (for example, 8 or more MV/cm) to a tunnel oxide film, and passing Fowler Nordheim tunnel current are common.

[0010] by the way, the thing which dispersion in the particle size of the polycrystalline silicon particle which constitutes the floating gate makes the threshold voltage after data elimination produce fluctuation in this flash memory -- reference "nonvolatile memory and its scaling", the Institute of Electronics, Information and Communication Engineers, Vol.9, No.5,469-484 page, and May, 1996 It is reported. Moreover, the flash memory which constitutes the floating gate from silicon nano crystal is reference as a way stage for realizing the flash memory of the future low-battery actuation made detailed. "A silicon nanocrystal based memory", S.Tiwari, et al., Appl.Phys.Lett.68(10), 4, pp 1377-1379, and 4 March 1996 It is proposed. Furthermore, the single electron memory operated by the low battery as one gestalt of the

nonvolatile memory of the generation exceeding the present semiconductor device using little stored charge (electron) is reference. "A Room-Temperature Single-Electron memory Device Using Fine-Grain Polycrystalline Silicon", KYano, et al., IEDM93, and pp 541-544 It is proposed.

[0011] In order to realize the flash memory which fluctuation cannot produce easily in the threshold voltage after data elimination, it is necessary to make as small as possible particle-size dispersion of the silicon crystal grain child who constitutes the floating gate. Moreover, in order [ which uses few charges ] to realize the flash memory of the low-battery actuation made detailed, it is necessary to form a detailed silicon crystal grain child with a sufficient controllability regularly on a thin insulator layer (tunnel oxide film).

[0012] Therefore, particle-size dispersion makes it possible to arrange a small silicon single crystal particle group on a base regularly, and the object of this invention has it in providing with a semiconductor device or flash plate memory cells, and those manufacture approaches the silicon thin film obtained by the formation approach of of the silicon thin film or silicon single crystal particle group which can moreover perform formation of a silicon single crystal particle group easily in a short time, and this formation approach or a silicon single crystal particle group, and a list.

[0013]

[Means for Solving the Problem] The formation approach of the silicon thin film of this invention for attaining the above-mentioned object is the formation approach of the silicon thin film which forms on a base the silicon thin film which irradiates an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse, and changes from a silicon single crystal particle group to the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. The movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] And 40 micrometers or less, This movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which set to 4 micrometers or less preferably, and was measured along the migration direction comparatively ( $R=L/W$ ) 0.1 thru/or 5%, It considers as 0.5% thru/or 2.5% preferably, with is characterized by consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forming on a base, the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing.

[0014] The silicon thin film of this invention consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base, and it is characterized by the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle being abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing.

[0015] The manufacture approach of the semiconductor device of this invention for attaining the above-mentioned object is the manufacture approach of the semiconductor device which includes the process which forms a source drain field and a channel field in this silicon thin film or a silicon single crystal particle, after forming on a base the silicon thin film which irradiates an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse, and changes from a silicon single crystal particle group to the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. The movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] And 40 micrometers or less, This movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which set to 4 micrometers or less preferably, and was measured along the migration direction comparatively ( $R=L/W$ ) 0.1 thru/or 5%, It considers as 0.5% thru/or 2.5% preferably, with is characterized by consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forming on a base, the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing.

[0016] It is characterized by for the semiconductor device of this invention consisting of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base, and

equipping the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle with the source drain field and channel field which were formed in the silicon thin film which is abbreviation <100> bearing, or this silicon single crystal particle, and changing.

[0017] Various kinds of semiconductor devices, such as a thin film transistor of the top gate mold used for example, for the liquid crystal panel for LCD or a bottom product gate mold, a semiconductor device (for example, thin film transistor as a load component of the laminating mold SRAM) adapting a SOI technique, and an MOS mold semiconductor device, can be illustrated as a semiconductor device manufactured by the manufacture approach of the semiconductor device of this invention, or the semiconductor device of this invention. Moreover, application to not only the application to manufacture of these semiconductor devices but manufacture of a solar battery or production of a micro machine is possible for the silicon thin film and its formation approach of this invention.

[0018] As for die length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle, in a semiconductor device and its manufacture approach, it is preferably desirable in the silicon thin film of this invention and its formation approach, and a list that it is 0.1 micrometers or more 0.05 micrometers or more. Here, not only the silicon single crystal particle whose configuration is a rectangle but the silicon single crystal particle of the rectangle which lacked the angle is contained in vocabulary called the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle. Moreover, die length of one side in the case of being the silicon single crystal particle of the rectangle which lacked the angle means die length of one side of the silicon single crystal particle of the rectangle which compensates the missing angle and is obtained. It is the same as that of below. moreover, the average thickness of a silicon thin film --  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $1 \times 10$  -- it is preferably desirable  $1 \times 10$  to 8 m thru/or that they are  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $4 \times 10$  to 8 m more preferably  $6 \times 10$  to 8 m - 7 m. There is a possibility that trouble may arise [ the average thickness of a silicon thin film ], for example in manufacture of a semiconductor device in less than  $1 \times 10$  - 8m. On the other hand, when the average thickness of a silicon thin film exceeds  $1 \times 10$  to 7 m, the thickness of the silicon layer of the amorphous substance needed in order to obtain this silicon thickness, or polycrystal becomes thick too much, and there is a possibility that the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle may be no longer abbreviation <100> bearing. In addition, what is necessary is just to measure the average thickness of a silicon thin film with an ellipsometer, an optical part light reflex interferometer, etc.

[0019] It sets to a semiconductor device at the silicon thin film list of this invention. A silicon single crystal particle group is formed by irradiating an ultraviolet-rays beam in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base, or polycrystal. The movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] 40 micrometers or less, As for the rate ( $R=L/W$ ) of this movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which is 4 micrometers or less preferably, and was measured along the migration direction, it is desirable 0.1 thru/or that they are 0.5% thru/or 2.5% preferably 5%. In addition, two sides to which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces the silicon thin film or its formation approach list of this invention in a semiconductor device or its manufacture approach accomplish the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation. The crystal face which constitutes these two sides is {220} sides. That is, the crystal face which constitutes one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is {220} sides.

[0020] The formation approach of the silicon single crystal particle group of this invention for attaining the above-mentioned object An ultraviolet-rays beam is irradiated in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the (b) base, or polycrystal. With, the process which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forms on a base the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base

of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing, this silicon single crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- it is the formation approach of the silicon single crystal particle group which consists of the process made into a condition. And the rate ( $R=L/W$ ) of this movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which set preferably movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] to 4 micrometers or less, and measured it along the migration direction 40 micrometers or less is characterized by 0.1 thru/or considering as 0.5% thru/or 2.5% preferably 5%. [0021] the silicon single crystal particle which the silicon single crystal particle group of this invention consists of the silicon single crystal particle of two or more abbreviation rectangles whose preferred orientation to the front face of a base is abbreviation <100> bearing, and a silicon single crystal particle is arranged in the shape of a grid on a base, and adjoins -- alienation -- it is characterized by being in a condition.

[0022] The manufacture approach of the flash plate memory cell of this invention for attaining the above-mentioned object An ultraviolet-rays beam is irradiated in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the (b) tunnel oxide film, or polycrystal. With, the process which consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid, and forms the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the tunnel oxide film of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing on a tunnel oxide film, this silicon single crystal particle that (b)-adjoins -- alienation -- it is the manufacture approach of a flash plate memory cell including the process which forms the floating gate which considers as a condition, with consists of a silicon single crystal particle group. And the rate ( $R=L/W$ ) of this movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which set preferably movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] to 4 micrometers or less, and measured it along the migration direction 40 micrometers or less is characterized by 0.1 thru/or considering as 0.5% thru/or 2.5% preferably 5%.

[0023] the silicon single crystal particle which it is the flash plate memory cell equipped with the floating gate which the flash plate memory cell of this invention is formed on a tunnel oxide film, and consists of the silicon single crystal particle of two or more abbreviation rectangles whose preferred orientation to the front face of a tunnel oxide film is abbreviation <100> bearing, and a silicon single crystal particle is arranged in the shape of a grid on a tunnel oxide film, and adjoins -- alienation -- it is characterized by being in a condition. in addition, alienation -- as for the thickness of the silicon single crystal particle in a condition, it is desirable  $1 \times 10$  to  $8 \text{ m}$  thru/or that they are  $2 \times 10$  to  $8 \text{ m}$  thru/or  $5 \times 10$  to  $8 \text{ m}$  preferably  $8 \times 10$  to  $8 \text{ m}$ .

[0024] Fundamentally, the flash plate memory cell manufactured by the manufacture approach of the flash plate memory cell of this invention or the flash plate memory cell of this invention consists of the control gates with the wrap insulator layer in the source drain field and channel field which were formed in the semi-conductor substrate or the silicon layer, the tunnel oxide film formed on it, the floating gate formed on the tunnel oxide film, and this floating gate.

[0025] In the silicon single crystal particle group or flash plate memory cell of this invention An ultraviolet-rays beam is irradiated in the shape of a pulse at the silicon layer of the amorphous substance formed on the base (or tunnel oxide film), or polycrystal. a silicon single crystal particle group -- (\*\*) -- With, it consists of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid on a base (or tunnel oxide film). this silicon single crystal particle that (b)-adjoins the process which forms the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base (or tunnel oxide film) of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing -- alienation -- it is formed based on the process made into a condition. And as for the rate ( $R=L/W$ ) of this movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam which 40 micrometers or less of

movement magnitude of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] (L) are 4 micrometers or less preferably, and was measured along the migration direction, it is desirable 0.1 thru/or that they are 0.5% thru/or 2.5% preferably 5%.

[0026] in addition, the silicon single crystal particle which process (b) adjoins in the silicon single crystal particle group, its formation approach, the flash plate memory cell, or its manufacture approach of this invention -- alienation -- the process made into a condition oxidizes the silicon thin film formed in process (b), and it is desirable to consist of the process which forms the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles. or the silicon single crystal particle which process (b) adjoins again -- alienation -- as for the process made into a condition, it is desirable to consist of the process which etches the silicon thin film formed in process (b), and forms space between the adjoining silicon single crystal particles. Moreover, although the thing short as much as possible of die length of one side of the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in process (b) is desirable, it is desirable practically that it is 0.05 micrometers or more. or the average thickness of the silicon thin film formed in process (b) again --  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $1 \times 10$  -- it is preferably desirable  $1 \times 10$  to 8 m thru/or that they are  $1 \times 10$  to 8 m thru/or  $4 \times 10$  to 8 m more preferably  $6 \times 10$  to 8 m -7 m. Furthermore, two sides which the silicon single crystal particle of the abbreviation rectangle in the silicon thin film formed in process (b) faces accomplish the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction, and 45 abbreviation. The crystal face which constitutes these two sides is {220} sides. That is, the crystal face which constitutes one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle is {220} sides.

[0027] As the base in this invention, or a tunnel oxide film, although the laminated structure of silicon oxide (SiO<sub>2</sub>), silicon nitride (SiN), SiON, silicon oxide, and silicon nitride or the laminated structure of silicon oxide, silicon nitride, and silicon oxide can be illustrated, it is not limited to these. A base etc. can be formed by oxidizing or nitriding the front face of for example, a silicon semi-conductor substrate, or can also be formed with a CVD method etc. after a semi-conductor substrate, various kinds of layers, wiring, etc. again.

[0028] As an ultraviolet-rays beam, the XeCl excimer laser which has the wavelength of 308nm, and all solid-state ultraviolet laser can be illustrated, for example. As for the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle measured along the migration direction, it is desirable that they are 40 micrometers thru/or about 1mm. The die length of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle measured along the migration direction and the direction of a right angle is arbitrary. It is desirable to use an ultraviolet-rays beam with the very sharp standup of the energy in the edge of an ultraviolet-rays beam. Although the combination of the beam homogenizer which equalizes XeCl excimer laser equipment, an attenuator, and a beam in the shape of a rectangle, and a reflecting mirror can be mentioned as a source of an ultraviolet-rays beam which injects such an ultraviolet-rays beam, it is not limited to this.

[0029] The movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] exceeds 40 micrometers, or When movement magnitude exceeds comparatively ( $R=L/W$ ) 5% of the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, There is a possibility that the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid may no longer be formed on a base, or there is a possibility that the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle may be no longer abbreviation <100> bearing again. Moreover, a throughput becomes low too much by less than 0.1% of the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam of movement magnitude measured comparatively ( $R=L/W$ ) along the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location. In addition, the

source of an ultraviolet-rays beam is fixed, a base may be moved, a base may be fixed, and the source of an ultraviolet-rays beam may be moved, or both a base and the source of an ultraviolet-rays beam may be moved again.

[0030] In addition, when the silicon single crystal particle of 30% or more of number has abbreviation <100> bearing to the front face of the base of a silicon single crystal particle among the silicon single crystal particles which constitute a silicon single crystal particle group, it is specified that the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> bearing. Moreover, it means including the silicon single crystal particle which is not parallel as strictly as the direction where <100> bearings of a silicon single crystal particle are vertical on the surface of a base as it is abbreviation <100> bearing. In addition, it is called preferred orientation also with preferred orientation. Bearing of a crystal is not disorderly in the polycrystalline substance which has a membranous configuration, and when many crystals have arranged a fixed crystallographic axis, the crystal face, etc. in a certain specific direction, such structure is called texture or the fiber structure. And the crystallographic axis which is carrying out orientation is called preferred orientation.

[0031] Set to this invention and movement magnitude (L) of the ultraviolet-rays beam exposure location of a before [ from the completion of an exposure of a rectangle-like ultraviolet-rays beam / exposure initiation of the ultraviolet-rays beam of the shape of a rectangle of a degree ] is set to 40 micrometers or less why. And by [ of this movement magnitude to the width of face (W) of the ultraviolet-rays beam measured along the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location ] considering as 0.1 thru/or 5% comparatively ( $R=L/W$ ) There are many unknown points about whether on a base, does it consist of the silicon single crystal particle group of the abbreviation rectangle arranged in the shape of a grid and the silicon thin film whose preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation <100> is formed. However, a certain field of the silicon layer of an amorphous substance or polycrystal is irradiated in the shape of a pulse, shifting piling up an ultraviolet-rays beam. And by making the configuration of an ultraviolet-rays beam into the shape of a rectangle (namely, thing for which an ultraviolet-rays beam with the very sharp standup of the energy in the edge of an ultraviolet-rays beam is used) Although a balance temperature condition and cooling (coagulation) conditions of a certain kind are satisfied in accumulation therefore, it is presumed that such a silicon single crystal particle group is formed. Moreover, the preferred orientation of the silicon single crystal particle formed on a base from a viewpoint of the free energy on the front face of Si over the base with which the reason the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle turns into abbreviation <100> bearing consists of SiO<sub>2</sub> (it is a wrap about a base) is presumed to become abbreviation <100> bearing.

[0032]

[Example] Hereafter, with reference to a drawing, this invention is explained based on a desirable example.

[0033] (Example 1) An example 1 is related with the silicon thin film and its formation approach of this invention. In the example 1, the ultraviolet-rays beam was irradiated in the shape of a pulse at the amorphous silicon layer formed on the base which consists of SiO<sub>2</sub>, and the silicon thin film which consists of a silicon single crystal particle group on a base was formed. The exposure conditions of an ultraviolet-rays beam etc. are shown in the following table 1.

[0034]

[A table 1]

Ultraviolet-rays beam: XeCl excimer laser (wavelength of 308nm)

Dose :320 mJ/cm<sup>2</sup> Pulse width: About 26n second Frequency : About 200Hz Shape of beam : Rectangle configuration with a (width-of-face W) 400-micrometerx die length of 150mm Movement magnitude L : 4 micrometers R:1% (=4micrometer/400micrometerx100) of movement magnitude rates

[0035] The SiN film 11 with a thickness of 50nm was formed on the substrate 10 which consists of a quartz, and, specifically, subsequently to a it top, the base 12 which consists of SiO<sub>2</sub> with a thickness of

100nm was formed. then, a base 12 top -- the amorphous silicon layer 13 with a thickness of 30nm -- PECVD -- membranes were formed in law. this condition -- a part typical to (A) of drawing 1 -- a sectional view shows. Subsequently, the ultraviolet-rays beam was irradiated in the shape of a pulse at the amorphous silicon layer 13 formed on the base 12 on the conditions shown in a table 1. this condition -- a part typical to (B) of drawing 1 -- a sectional view shows. In addition, in (B) of drawing 1, the field of the silicon layer 13 where the last ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the dotted line, and the field of the silicon layer 13 where this ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the alternate long and short dash line. In an example 1, although the movement magnitude percentage ( $R=L/W$ ) is 1% therefore, the amorphous silicon layer 13 in a certain location is put to pulse-like ultraviolet laser 100 times. In an example 1, although the source of an ultraviolet-rays beam was fixed and the substrate 10 was moved, a substrate 10 may be fixed, the source of an ultraviolet-rays beam may be moved, and both a substrate 10 and the source of an ultraviolet-rays beam may be moved. some obtained typical silicon thin films 14 -- a sectional view is shown in (C) of drawing 1. In addition, a dotted line shows the grain boundary among (C) of drawing 1. Each of a silicon single crystal particle had the cross-section configuration convex [ center section ] in a depression and a periphery.

[0036] The result of having observed the obtained silicon thin film with the transmission electron microscope is shown in the electron microscope photograph of drawing 2. In addition, the sample for transmission electron microscope observation consists only of the silicon thin film which etched a substrate 10, the SiN film 11, and a base 12 using the mixed liquor of  $HF/H_2O=1/2$ , and was obtained. Drawing 2 shows that the obtained silicon thin film consists of the silicon single crystal particle group of an abbreviation rectangle. The preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle was abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing. Moreover, the length of one side of the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle was 0.1 micrometers or more. Two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces were the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, and abbreviation parallel. The crystal face which constitutes these two sides was  $\{220\}$  sides. In addition, two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces depending on an observation location had accomplished the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, and 45 abbreviation.

[0037] In the case of non-orientation, the polycrystalline silicon of the ratio of the diffraction reinforcement  $I_{111}$  from  $\{111\}$  sides and the diffraction reinforcement  $I_{220}$  from  $\{220\}$  sides was completely  $I_{111}:I_{220}=5:3$ . On the other hand, the value of  $I_{111}:I_{220}$  in the silicon thin film obtained in the example 1 was 1:4. Analysis of this diffraction intensity ratio also shows that the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle is abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing. In addition, when seen from the whole silicon thin film, the silicon single crystal particle of about 30% of number had  $\langle 100 \rangle$  bearings to the front face of a base among the silicon single crystal particles which constitute a silicon single crystal particle group, and bearing to the front face of the base of the remaining silicon single crystal particle was random. Moreover, the silicon single crystal particle which is not parallel existed [ a vertical direction and  $\langle 100 \rangle$  bearings ] strictly on the surface of the base. Furthermore, many things whose crystal orientation of the adjoining silicon single crystal particle corresponds by making some silicon single crystal particles into a unit were accepted.

[0038] The front face of the silicon thin film obtained in the example 1 was observed and measured in AFM (Atomic Force Microscope). A measurement result is shown in a table 3. Moreover, the photograph of a surface observation result is shown in drawing 3 and drawing 4. In addition, drawing 3 is as a result of [ of 3 micrometer around ] observation, and drawing 4 is as a result of [ of 20 micrometer around ] observation. Drawing 3 and drawing 4 show that the obtained silicon thin film is the silicon single crystal particle group arranged in the shape of a grid on the base. That is, it turns out that each of a silicon single crystal particle is located in a line like [ it is regular and ] a go stone also in \*\*. Moreover, \*\*\*\* is also accepted for linear stripes in drawing 4 toward the lower left from the upper right. Striped

spacing is about 4 micrometers and this value was in agreement with the movement magnitude L of an ultraviolet-rays beam exposure location in general. Moreover, two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces had accomplished the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, and 45 abbreviation.

[0039] (Example 1 of a comparison) In the example 1 of a comparison, the silicon thin film was formed on the base by the same approach as an example 1 except having changed movement magnitude L and the movement magnitude rate R with the example 1. The movement magnitude L in the example 1 of a comparison and the movement magnitude rate R are shown in the following table 2.

[0040]

[A table 2]

Movement magnitude L (micrometer) Movement magnitude rate R (%)

Example of comparison 1A 40 Example of 10 comparisons 1B 200 Example of 50 comparisons 1C 400

100 [0041] The front face of the silicon thin film obtained in the example 1 of a comparison was observed and measured in AFM. A measurement result is shown in a table 3. Moreover, the photograph of a surface observation result is shown in drawing 5 (example of comparison 1A), and drawing 6 (example of comparison 1B). In addition, drawing 5 and drawing 6 are as a result of [ of 3 micrometer around ] observation. Drawing 5 and drawing 6 show that movement magnitude L is lost where the obtained silicon thin film is arranged in the shape of a grid on a base in 40 micrometers or more. Moreover, it turned out that the irregularity of a silicon thin film also decreases as movement magnitude L became large.

[0042]

[A table 3]

Movement magnitude rate R Ra (micrometer) RMS (micrometer)

Example 1 1% 11.71 Example of 14.50 comparisons 1A 10% 8.66 Example of 10.83 comparisons 1B

50% 4.81 Example of 5.98 comparisons 1C 100% 5.21 6.30 [0043] Furthermore, the movement magnitude rate R was fixed to 10%, and although the dose of the ultraviolet-rays beam which consists of XeCl excimer laser was changed with 280 mJ/cm<sup>2</sup>, 320 mJ/cm<sup>2</sup>, 340 mJ/cm<sup>2</sup>, 360 mJ/cm<sup>2</sup>, the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle was not able to form the silicon thin film which is <100> bearings.

[0044] (Example 2) An example 2 and an example 3 are related with the semiconductor device and its manufacture approach of this invention. In the example 2, the formation approach of the silicon thin film explained in the example 1 was applied, and the n mold-thin film transistor which has bottom product gate structure was produced. After forming in the front face of a glass substrate 20 first the insulating layer 21 which consists of SiO<sub>2</sub> in production of this semiconductor device, the polycrystalline silicon layer by which the impurity was doped was made to deposit on the whole surface with a CVD method. And patterning of this polycrystalline silicon layer was carried out, and the gate electrode 22 was formed. Next, the base 23 which consists of SiO<sub>2</sub> was formed in the whole surface with the CVD method. This base 23 functions also as gate oxide.

[0045] next, the base 23 top which consists of SiO<sub>2</sub> like an example 1 -- the amorphous silicon layer 24 with a thickness of 40nm -- PECVD -- membranes were formed in law (refer to (A) of drawing 7 ). And the ultraviolet-rays beam was irradiated in the shape of a pulse at the formed amorphous silicon layer 24 (refer to (B) of drawing 7 ), and the silicon thin film 25 which consists of a silicon single crystal particle group on a base was formed (refer to (C) of drawing 7 ). The exposure conditions of an ultraviolet-rays beam etc. presupposed that it is the same with having been shown in a table 1. Moreover, in (B) of drawing 7 , the field of the silicon layer 24 where the last ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the dotted line, and the field of the silicon layer 24 where this ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the alternate long and short dash line.

[0046] Then, the source drain field 26 and the channel field 27 were formed by performing the ion



9 : implantation of an impurity to the field which should form the source drain field of the formed silicon thin film 25, and subsequently activating the impurity by which the ion implantation was carried out. And after making the insulating layer 28 which consists of SiO<sub>2</sub> deposit with a CVD method, the photolithography technique and the RIE technique were used for the upper insulating layer 28 of the source drain field 26, and opening was formed in the whole surface. And after making the wiring material layer which consists of an aluminum alloy deposit in a spatter on the insulating layer 28 including the inside of this opening, patterning of the wiring material layer was carried out, and wiring 29 was completed on the insulating layer 28 (refer to drawing 8 ). This wiring 29 is connected with the source drain field 26 through the wiring material layer embedded in opening.

[0047] (Example 3) In the example 3, the n mold-thin film transistor of a bottom product gate mold was produced by the same approach as an example 2 except having changed movement magnitude L and the movement magnitude rate R with the example 2. The movement magnitude L in an example 2 and an example 3 and the movement magnitude rate R are shown in the following table 4.

[0048] (Example 2 of a comparison) In the example 2 of a comparison, the n mold-thin film transistor of a bottom product gate mold was produced by the same approach as an example 2 except having changed movement magnitude L and the movement magnitude rate R with the example 2. The movement magnitude L in the example 2 of a comparison and the movement magnitude rate R are shown in the following table 4.

[0049]

[A table 4]

Movement magnitude L (micrometer) Movement magnitude rate R (%)

Example 2 4 One example 3 20 Example of 5 comparisons 2A 40 Example 2B of 10 comparisons 360 90 [0050] In this way, the property of the n mold-thin film transistor of the bottom product gate mold of the produced example 2, an example 3, example of comparison 2A, and example 2B of a comparison was evaluated. In assessment, it was referred to as V<sub>d</sub>=10V and V<sub>g</sub>=15V, and the drain current (I<sub>ON</sub>) was measured. A result is shown in drawing 9 . When the movement magnitude percentage R is 5% or less so that clearly also from drawing 9 , the value of a drain current (I<sub>ON</sub>) is increasing.

[0051] (Example 4) An example 4 is related with a flash plate memory cell and its manufacture approach at the silicon single crystal particle group of this invention and its formation approach, and a list.

Hereafter, an example 4 is explained with reference to drawing 10 and drawing 11 .

[0052] the component isolation region 31 which has LOCOS structure by the well-known approach in the silicon semi-conductor substrate 30 first in an example 4 -- forming -- a well -- an ion implantation, a channel stop ion implantation, and a threshold adjustment ion implantation are performed. In addition, the component isolation region may have trench structure. Then, RCA washing removes the particle metallurgy group impurity of the front face of the silicon semi-conductor substrate 30, subsequently, a hydrofluoric-acid water solution performs surface washing of the silicon semi-conductor substrate 30 0.1%, and the front face of the silicon semi-conductor substrate 30 is exposed. Subsequently, based on a well-known oxidation style, the tunnel oxide film (it is equivalent to a base) 32 with a thickness of 3nm is formed in the front face of the silicon semi-conductor substrate 30.

[0053] then, the example 1 -- the same -- the tunnel oxide-film 32 top -- the amorphous silicon layer 33 with a thickness of about 40nm -- PECVD -- membranes were formed in law (refer to (A) of drawing 10 ). And the ultraviolet-rays beam was irradiated in the shape of a pulse at the formed amorphous silicon layer 33 (refer to (B) of drawing 10 ), and the silicon thin film 34 which consists of a silicon single crystal particle group on the tunnel oxide film 32 was formed (refer to (C) of drawing 10 ). The exposure conditions of an ultraviolet-rays beam etc. presupposed that it is the same with having been shown in a table 1. In addition, in (B) of drawing 10 , the field of the silicon layer 33 where the last ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the dotted line, and the field of the silicon layer 33 where this ultraviolet-rays beam was irradiated was expressed with the alternate long and short dash line.

[0054] As a result of observing the obtained silicon thin film in a transmission electron microscope and

AFM, it was admitted that the silicon single crystal particle group which the silicon single crystal particle 35 of the abbreviation rectangle whose one side is about 0.3 micrometers arranged in the shape of a grid on the base was formed. Moreover, the preferred orientation to the front face of the base of a silicon single crystal particle was abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing. In addition, when seen from the whole silicon thin film, the silicon single crystal particle of about 30% of number had  $\langle 100 \rangle$  bearings to the front face of a base among the silicon single crystal particles which constitute a silicon single crystal particle group, and bearing to the front face of the base of the remaining silicon single crystal particle was random. Moreover, the silicon single crystal particle which is not parallel existed [ a vertical direction and  $\langle 100 \rangle$  bearings ] strictly on the surface of the base. Furthermore, many things whose crystal orientation of the adjoining silicon single crystal particle corresponds by making some silicon single crystal particles into a unit were accepted. Moreover, two sides which the silicon single crystal particle of an abbreviation rectangle faces had accomplished the include angle of the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, abbreviation parallel or the migration direction of an ultraviolet-rays beam exposure location, and 45 abbreviation.

[0055] then, the adjoining silicon single crystal particle 35 -- alienation -- it considered as the condition. The obtained silicon thin film 34 was oxidized in the oxygen gas ambient atmosphere for 1000-degreeCx 20 minutes, and, specifically, the field 36 which consists of silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) was formed between adjoining silicon single crystal particle 35A (refer to (A) of drawing 11 ). The average thickness of silicon single crystal particle 35A after oxidation is about 10nm, and magnitude is set to 7-13nm.

Moreover, this silicon single crystal particle 35A had arranged in the shape of a grid on the tunnel oxide film 32 (base) at fixed spacing (about 0.3 micrometers). That is, each of a silicon single crystal particle was located in a line like [ it is regular and ] a go stone also in \*\*. In this way, the floating gate 37 which consists of two or more silicon single crystal particle 35A is formed. In addition, generally oxidation of silicon advances preferentially from the grain boundary. Moreover, the preferred orientation to the front face of the tunnel oxide film 32 (base) of the silicon single crystal particle 35 is abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing, and since bearing of a silicon single crystal particle group has gathered in general, the thickness of the silicon single crystal particle after oxidation and the controllability of magnitude are good.

[0056] Then, patterning of the field 36 which consists of silicon oxide ( $\text{SiO}_2$ ) is performed, and the field 36 and silicon single crystal particle 35A which consist of unnecessary silicon oxide are removed. And after forming an insulator layer 38 with a CVD method on the whole surface and forming the polycrystalline silicon layer by which the impurity was further doped on the insulator layer 38 with a CVD method, patterning of a polycrystalline silicon layer and the insulator layer 38 is carried out. In this way, the control gate 39 which consists of a polycrystalline silicon layer is formed.

[0057] Then, the source drain field 40 and the channel field 41 were formed by performing the ion implantation of an impurity to the field which should form the source drain field of the exposed silicon semi-conductor substrate 30, and subsequently activating the impurity by which the ion implantation was carried out (refer to (B) of drawing 11 ). And after making the insulating layer which consists of  $\text{SiO}_2$  deposit with a CVD method, the photolithography technique and the RIE technique were used for the upper insulating layer of the source drain field 40, and opening was formed in the whole surface. And after making the wiring material layer which consists of an aluminum alloy deposit in a spatter on an insulating layer including the inside of this opening, patterning of the wiring material layer was carried out, and wiring was completed on the insulating layer. This wiring is connected with the source drain field 40 through the wiring material layer embedded in opening. In this way, the flash plate memory cell (nano dot memory) was produced.

[0058] As mentioned above, although this invention was explained based on the desirable example, this invention is not limited to these examples. Various kinds of conditions of having explained in the example, and the structure of a semiconductor device are instantiation, and can be changed suitably. In an example, although the amorphous silicon layer was formed on the base, the silicon layer of polycrystal may be formed. A base may be heated in case an ultraviolet-rays beam is irradiated in the

shape of a pulse at the silicon layer of an amorphous substance or polycrystal. It is performing etchback, for example depending on the case, and flattening of the front face of a silicon thin film may be performed. Moreover, in the semiconductor device or its manufacture approach of this invention, a source drain field and a channel field can be formed in one silicon single crystal particle formed on the base, and one transistor component can also be produced from one silicon single crystal particle. In this case, what is necessary is to carry out patterning of the silicon thin film, for example based on a lithography technique and an etching technique, to remove an unnecessary silicon single crystal particle, and just to separate the adjoining silicon single crystal particle. Or what is necessary is to oxidize the silicon thin film formed again on silicon oxide and the base with etch selectivity which consists, for example of silicon nitride etc., and just to separate the adjoining silicon single crystal particle by etching this silicon oxide, after forming the field which consists of silicon oxide between the adjoining silicon single crystal particles. Furthermore, the typical thing for which the floating gate of a flash plate memory cell is constituted from a silicon thin film of this invention, or the floating gate of a flash plate memory cell is formed again based on the formation approach of the silicon thin film of this invention is also made to drawing 12 so that a sectional view may be shown in part.

[0059]

[Effect of the Invention] In this invention, the preferred orientation to the front face of a base can form easily the silicon thin film which is abbreviation  $\langle 100 \rangle$  bearing in a short time, and, moreover, a silicon single crystal particle group can be regularly arranged on a base (insulator layer). It can follow, for example, control of a property much more more advanced than that of TFT and homogeneous improvement in a property can be aimed at, and it becomes realizable [ a SOI technique ] by forming TFT in a detailed silicon single crystal particle. Moreover, since the crystallinity of a silicon thin film improves also in macro, the property of TFT used for the liquid crystal panel for LCD etc. also improves. Moreover, the flash plate memory cell (nano dot memory) in which the low-battery actuation adapting the direct tunneling effectiveness and electronic are recording is possible is realizable. Furthermore, if the floating gate of a flash plate memory cell is constituted from a silicon thin film of this invention, since dispersion in the particle size of the silicon particle which constitutes the floating gate can be made small, the flash memory which fluctuation cannot produce easily in the threshold voltage after data elimination can be realized.

---

[Translation done.]

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-41234

(43)公開日 平成10年(1998)2月13日

(51)Int.Cl. <sup>8</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 L 21/20			H 0 1 L 21/20	
21/268			21/268	Z
27/115			27/12	R
27/12			27/10	4 3 4
21/8247			29/78	3 7 1

審査請求 未請求 請求項の数47 F D (全 18 頁) 最終頁に続く

(21)出願番号 特願平9-88728

(22)出願日 平成9年(1997)3月24日

(31)優先権主張番号 特願平8-150306

(32)優先日 平8(1996)5月22日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000002185

ソニー株式会社

東京都品川区北品川6丁目7番35号

(72)発明者 野口 隆

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 金谷 康弘

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(72)発明者 国井 正文

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニー株式会社内

(74)代理人 弁理士 山本 孝久

最終頁に続く

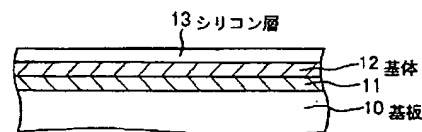
(54)【発明の名称】 シリコン薄膜、シリコン単結晶粒子群及びそれらの形成方法、並びに、半導体装置、フラッシュメモリセル及びそれらの製造方法

(57)【要約】

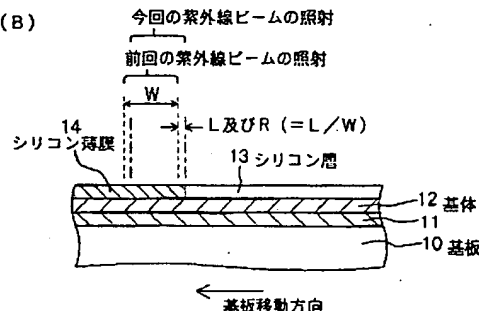
【課題】シリコン単結晶粒子群を規則的に絶縁膜上に配列でき、しかも、形成を容易に且つ短時間で行うことができるシリコン薄膜の形成方法を提供する。

【解決手段】基体12上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層13に紫外線ビームをパルス状にて照射し、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜14を基体12上に形成するシリコン薄膜の形成方法は、矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量Lを40μm以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅Wに対する該移動量の割合R(=L/W)を0.1乃至5%とし、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略<100>方位であるシリコン薄膜を形成する。

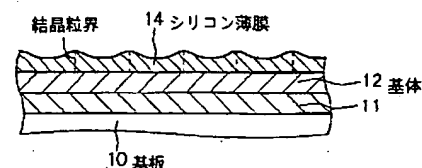
(A)



(B)



(C)



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を基体上に形成するシリコン薄膜の形成方法であって、

矩形形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量を $40\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合を $0.1$ 乃至 $5\%$ とし、

以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位であるシリコン薄膜を形成することを特徴とするシリコン薄膜の形成方法。

【請求項2】略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項1に記載のシリコン薄膜の形成方法。

【請求項3】シリコン薄膜の平均膜厚は $1 \times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1 \times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項1に記載のシリコン薄膜の形成方法。

【請求項4】基体は酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項1に記載のシリコン薄膜の形成方法。

【請求項5】略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略 $45$ 度の角度を成すことを特徴とする請求項1に記載のシリコン薄膜の形成方法。

【請求項6】(イ)基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、

(ロ)隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とする工程、から成るシリコン単結晶粒子群の形成方法であって、

矩形形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量を $40\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合を $0.1$ 乃至 $5\%$ とすることを特徴とするシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項7】前記工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜を酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成する工程から成ることを特徴とする請求項6に記載のシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項8】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長

さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項6に記載のシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項9】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜の平均膜厚は $1 \times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1 \times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項6に記載のシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項10】基体は酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項6に記載のシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項11】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略 $45$ 度の角度を成すことを特徴とする請求項6に記載のシリコン単結晶粒子群の形成方法。

【請求項12】基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略 $\langle 100 \rangle$ 方位であることを特徴とするシリコン薄膜。

【請求項13】略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項12に記載のシリコン薄膜。

【請求項14】平均膜厚が $1 \times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1 \times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項12に記載のシリコン薄膜。

【請求項15】基体は酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項12に記載のシリコン薄膜。

【請求項16】シリコン単結晶粒子群は、基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射することによって形成され、矩形形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量は $40\mu\text{m}$ 以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合は $0.1$ 乃至 $5\%$ であることを特徴とする請求項12に記載のシリコン薄膜。

【請求項17】略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略 $45$ 度の角度を成すことを特徴とする請求項16に記載のシリコン薄膜。

【請求項18】基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位である複数の略矩形のシリコン単結晶粒子から成り、シリコン単結晶粒子は基体上に格子状に配列され、隣接するシリコン単結晶粒子は離間状態にあることを特徴とするシリコン単結晶粒子群。

【請求項19】シリコン単結晶粒子群は、(イ)基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群

から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、

(ロ) 隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とする工程、に基づき形成され、

矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量は $40\mu\text{m}$ 以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合は0.1乃至5%であることを特徴とする請求項18に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項20】前記工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜を酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成する工程から成ることを特徴とする請求項19に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項21】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項19に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項22】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜の平均膜厚は $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1\times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項19に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項23】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成すことを特徴とする請求項19に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項24】基体は酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項18に記載のシリコン単結晶粒子群。

【請求項25】基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を基体上に形成した後、該シリコン薄膜若しくはシリコン単結晶粒子にソース・ドレイン領域及びチャネル領域を形成する工程を含む半導体装置の製造方法であって、矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量を $40\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合を0.1乃至5%とし、

以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項26】略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項2

5に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項27】シリコン薄膜の平均膜厚は $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1\times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項25に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項28】基体は、基板上に形成された酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項25に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項29】略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成すことを特徴とする請求項25に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項30】(イ)トンネル酸化膜上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、トンネル酸化膜上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子のトンネル酸化膜の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、

(ロ)隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とし、以て、シリコン単結晶粒子群から成るフローティングゲートを形成する工程、を含むフラッシュメモリセルの製造方法であって、

矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量を $40\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合を0.1乃至5%とすることを特徴とするフラッシュメモリセルの製造方法。

【請求項31】前記工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜を酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成する工程から成ることを特徴とする請求項30に記載のフラッシュメモリセルの製造方法。

【請求項32】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは $0.05\mu\text{m}$ 以上であることを特徴とする請求項30に記載のフラッシュメモリセルの製造方法。

【請求項33】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜の平均膜厚は $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1\times 10^{-7}\text{m}$ であることを特徴とする請求項30に記載のフラッシュメモリセルの製造方法。

【請求項34】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成すことを特徴とする請求項30に記載のフラッシュメモリセルの製造方法。

【請求項35】基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体

の表面に対する選択方位は略〈100〉方位であるシリコン薄膜、若しくは該シリコン単結晶粒子に形成されたソース・ドレイン領域及びチャネル領域を備えて成ることを特徴とする半導体装置。

【請求項36】略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは0.05 $\mu$ m以上であることを特徴とする請求項35に記載の半導体装置。

【請求項37】シリコン薄膜の平均膜厚は $1 \times 10^{-8}$ m乃至 $1 \times 10^{-7}$ mであることを特徴とする請求項35に記載の半導体装置。

【請求項38】基体は、基板上に形成された酸化シリコン又は窒化シリコンから成ることを特徴とする請求項35に記載の半導体装置。

【請求項39】シリコン単結晶粒子群は、基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射することによって形成され、矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量は40 $\mu$ m以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合は0.1乃至5%であることを特徴とする請求項35に記載の半導体装置。

【請求項40】略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成すことを特徴とする請求項39に記載の半導体装置。

【請求項41】半導体装置はボトムゲート型の薄膜トランジスタであることを特徴とする請求項35に記載の半導体装置。

【請求項42】トンネル酸化膜上に形成され、そして、トンネル酸化膜の表面に対する選択方位が略〈100〉方位である複数の略矩形のシリコン単結晶粒子から成るフローティングゲートを備えたフラッシュメモリセルであって、

シリコン単結晶粒子はトンネル酸化膜上に格子状に配列され、隣接するシリコン単結晶粒子は離間状態にあることを特徴とするフラッシュメモリセル。

【請求項43】複数のシリコン単結晶粒子は、

(イ) トンネル酸化膜上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、トンネル酸化膜上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子のトンネル酸化膜の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、

(ロ) 隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とする工程、に基づき形成され、

矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量は40 $\mu$ m以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅に対する該移動量の割合

は0.1乃至5%であることを特徴とする請求項42に記載のフラッシュメモリセル。

【請求項44】前記工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜を酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成する工程から成ることを特徴とする請求項43に記載のフラッシュメモリセル。

【請求項45】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは0.05 $\mu$ m以上であることを特徴とする請求項43に記載のフラッシュメモリセル。

【請求項46】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜の平均膜厚は $1 \times 10^{-8}$ m乃至 $1 \times 10^{-7}$ mであることを特徴とする請求項43に記載のフラッシュメモリセル。

【請求項47】前記工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成すことを特徴とする請求項43に記載のフラッシュメモリセル。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、新規のシリコン薄膜、シリコン単結晶粒子群及びそれらの形成方法、並びに、半導体装置、フラッシュメモリセル及びそれらの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】基体上に形成されたシリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜が、薄膜トランジスタ(以下、TFTと略す)やSOI技術を応用した半導体装置といった各種の半導体装置、太陽電池に用いられており、あるいは又、マイクロマシンの作製への適用が検討されている。

【0003】半導体装置の分野においては、例えば、TFTを負荷素子に用いた積層型SRAMが提案されている。また、TFTは、LCD用液晶パネルにも使用されている。例えば、キャリア移動度( $\mu$ )や導電率

( $\sigma$ )、オン電流特性、サブスレッショルド特性、オン/オフ電流比といった電気的特性に高性能を要求されるTFTにおいては、通常、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜が用いられる。そして、シリコン単結晶粒子の大きさを大きくし(大粒径化)、併せて双晶密度を低減させてシリコン単結晶粒子内のトラップ密度を低下させることによって、SRAMやTFTの特性の向上を図る努力が進められている。

【0004】かかるシリコン薄膜の電気的特性を向上させるために、SPC技術(Solid Phase Crystallization、非晶質シリコンからの固相結晶化)やELA技術(Excimer Laser Anneal、エキシマレーザを用いた熔融結

晶化)により、シリコン単結晶粒子の大粒径化( $\sim 1\mu\text{m}$ )が検討されている。ELA技術に基づくシリコン薄膜の成膜方法として、例えば、文献"Dependence of Crystallization Behaviors of Excimer Laser Annealed Amorphous Silicon Film on the Number of Laser Shot", B. Jung, et al., AM-LCD 95, pp 117-120 が知られている。この文献によれば、非晶質シリコン層にエキシマレーザを繰り返し照射することによって、シリコン単結晶粒子の選択方位が略 $\langle 111 \rangle$ 方位であるシリコン薄膜を形成することができるとされている。更には、ELA技術に基づくシリコン薄膜の成膜方法として、例えば、文献"Crystal forms by solid-state recrystallization of amorphous Si films on  $\text{SiO}_2$ ", T. Noma, Appl. Phys. Lett. 59(6), 5 August 1991, pp 653-655 が知られている。この文献によれば、成膜されたシリコン単結晶粒子は $\langle 110 \rangle$ 方位を有し、そして微細な $\langle 111 \rangle$ 双晶を含む。

【0005】更には、ストリップヒータを用いたシリコン薄膜のグラフォエピタキシャル成長技術が、例えば、文献"Silicon graphoepitaxy using a strip-heater oven", M.W. Geis, et al., Appl. Phys. Lett. 37(5), 1 September 1980, pp 454-456 から公知である。この文献によれば、 $\text{SiO}_2$ 上のシリコン薄膜は $(100)$ 集合組織となっている。

【0006】あるいは又、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜の形成は、化学的気相成長法(CVD法)、あるいはランダム固相成長法によっても行われている。CVD法によるポリシリコン結晶粒の形成に関しては、例えば、特開昭63-307431号公報や特開昭63-307776号公報が公知である。これらの公報に開示された技術によれば、シリコン単結晶粒子の選択方位は $\langle 111 \rangle$ 方位である。ところで、通常の化学的気相成長法では、大きなシリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を形成しようとした場合、均一な膜質を有し且つ低リークで高移動度を有するシリコン膜を形成することは困難である。ランダム固相成長法では、シリコン単結晶粒子の粒径が $1\mu\text{m}$ 以上の大粒径化されたシリコン薄膜を形成することが可能であるが、シリコン単結晶粒子を選択的に成長させることが難しく、しかもTFET活性領域内に結晶粒界が存在することが多い。その結果、粒界領域の多少によってTFET特性にばらつきが生じ、TFETのライフタイムの短縮を招くという問題がある。

【0007】

【発明が解決しようとする課題】これらの各種文献や特許公開公報に開示された技術の全てにおいて、シリコン単結晶粒子群は、規則的に絶縁膜上に配列されてはいない。シリコン単結晶粒子群を規則的に絶縁膜上に配列することが可能となれば、例えばTFETのより一層高度な特性の制御や特性の均一性の向上を図ることができる

し、1つのシリコン単結晶粒子内に1つのTFETを形成することが可能となり、SOI技術の更なる発展が期待できる。

【0008】所望の位置にシリコン核あるいは結晶核を配置し、かかるシリコン核あるいは結晶核に基づき大粒径のシリコン単結晶粒子を形成する方法が、例えば、特開平3-125422号公報、特開平5-226246号公報、特開平6-97074号公報や特開平6-302512号公報から公知である。特開平3-125422号公報に開示された技術においては、リソグラフィ技術を用いたパターンニングを行うことで微小のシリコン核あるいは結晶核を形成する必要があるが、現状の技術ではリソグラフィ技術によって微小のシリコン核あるいは結晶核を形成することが困難である。シリコン核あるいは結晶核の大きさが大きい場合、多結晶が形成され易く、双晶や転位が発生し易いし、スループットの低下を招く。また、特開平5-226246号公報、特開平6-97074号公報あるいは特開平6-302512号公報に開示された技術においては、細く収束することができ且つ直接描画可能なエネルギービームを非晶質シリコン層に照射したり、イオン注入を行う必要がある。それ故、シリコン単結晶粒子の形成工程が複雑なばかりか、固相成長工程を必要とするためシリコン単結晶粒子を得るために長時間を要し、スループットの低下を招くという問題がある。

【0009】一方、現在、不揮発性メモリの開発が盛んに行われている。そして、フローティングゲート構造を有するフラッシュメモリを中心に検討が鋭意進められており、メモリセルの微細化と共に低電圧化が進められている。このフラッシュメモリにおいては、フローティングゲートに電荷を注入しあるいはフローティングゲートから電荷を放出することによって、データの書き込みや消去を行う。各種の電荷注入法が提案されているが、チャネルホットエレクトロン注入法や、トンネル酸化膜に高電界(例えば $8\text{MV}/\text{cm}$ 以上)を印加してファウラー・ノルドハイムトンネル電流を流す方法が一般的である。

【0010】ところで、このフラッシュメモリにおいては、フローティングゲートを構成する多結晶シリコン粒子の粒径のばらつきがデータ消去後の閾値電圧に変動を生じさせることが、文献「不揮発性メモリとそのスケリング」、電子情報通信学会誌、Vol. 9, No. 5, 469~484頁、1996年5月に報告されている。また、将来の微細化された低電圧作動のフラッシュメモリを実現させるための一手段として、シリコンナノクリスタルからフローティングゲートを構成するフラッシュメモリが、文献"A silicon nanocrystal based memory", S. Tiwari, et al., Appl. Phys. Lett. 68(10), 4, pp1377-1379, 4 March 1996 に提案されている。更には、現状の半導体装置を越える世代の不揮発性



メモリの形態として、少ない蓄積電荷（電子）を用いて低電圧で作動させるシングルエレクトロンメモリが、文献 "A Room-Temperature Single-Electron memory Device Using Fine-Grain Polycrystalline Silicon", K. Yano, et al., IEDM93, pp541-544 に提案されている。

【0011】データ消去後の閾値電圧に変動が生じ難いフラッシュメモリを実現させるためには、フローティングゲートを構成するシリコン結晶粒子の粒径ばらつきを出来る限り小さくする必要がある。また、少ない電荷を用いる、微細化された低電圧作動のフラッシュメモリを実現させるためには、薄い絶縁膜（トンネル酸化膜）上に、規則的に微細なシリコン結晶粒子を制御性良く形成する必要がある。

【0012】従って、本発明の目的は、粒径ばらつきが小さなシリコン単結晶粒子群を規則的に基体上に配列することを可能とし、しかも、シリコン単結晶粒子群の形成を容易に且つ短時間で行うことができるシリコン薄膜あるいはシリコン単結晶粒子群の形成方法、及びかかる形成方法にて得られたシリコン薄膜あるいはシリコン単結晶粒子群、並びに半導体装置あるいはフラッシュメモリセル及びそれらの製造方法を提供することにある。

【0013】

【課題を解決するための手段】上記の目的を達成するための本発明のシリコン薄膜の形成方法は、基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を基体上に形成するシリコン薄膜の形成方法である。そして、矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量（L）を $40\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $4\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅（W）に対する該移動量の割合（ $R=L/W$ ）を0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%とし、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成することを特徴とする。

【0014】本発明のシリコン薄膜は、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略〈100〉方位であることを特徴とする。

【0015】上記の目的を達成するための本発明の半導体装置の製造方法は、基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、シリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を基体上に形成した後、該シリコン薄膜若しくはシリコン単結晶粒子にソース・ドレイン領域及びチャネル領域を形成する工程を含む半導体装置の製造方法である。そして、矩形状の紫外線ビームの照射完了から次の矩形状の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム

照射位置の移動量（L）を $40\mu\text{m}$ 以下、好ましくは $4\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅（W）に対する該移動量の割合（ $R=L/W$ ）を0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%とし、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成することを特徴とする。

【0016】本発明の半導体装置は、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略〈100〉方位であるシリコン薄膜、若しくは該シリコン単結晶粒子に形成されたソース・ドレイン領域及びチャネル領域を備えて成ることを特徴とする。

【0017】本発明の半導体装置、あるいは本発明の半導体装置の製造方法にて製造される半導体装置として、例えばLCD用液晶パネルに使用されるトップゲート型若しくはボトムゲート型の薄膜トランジスタや、SOI技術を応用した半導体装置（例えば、積層型SRAMの負荷素子としての薄膜トランジスタ）やMOS型半導体装置といった各種の半導体装置を例示することができる。また、本発明のシリコン薄膜及びその形成方法は、これらの半導体装置の製造への適用だけでなく、太陽電池の製造やマイクロマシンの作製への適用が可能である。

【0018】本発明のシリコン薄膜及びその形成方法、並びに半導体装置及びその製造方法においては、略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは、 $0.05\mu\text{m}$ 以上、好ましくは $0.1\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。ここで、略矩形のシリコン単結晶粒子という用語には、形状が矩形であるシリコン単結晶粒子だけでなく、角が欠けた矩形のシリコン単結晶粒子も含まれる。また、角が欠けた矩形のシリコン単結晶粒子の場合における一辺の長さとは、欠けた角を補って得られる矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さを意味する。以下においても同様である。また、シリコン薄膜の平均膜厚は $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1\times 10^{-7}\text{m}$ 、好ましくは $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $6\times 10^{-8}\text{m}$ 、より好ましくは $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $4\times 10^{-8}\text{m}$ であることが望ましい。シリコン薄膜の平均膜厚が $1\times 10^{-8}\text{m}$ 未満では、例えば半導体装置の製造に支障が生じる虞がある。一方、シリコン薄膜の平均膜厚が $1\times 10^{-7}\text{m}$ を超えると、かかるシリコン膜厚を得るために必要とされる非晶質若しくは多結晶のシリコン層の膜厚が厚くなり過ぎ、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位ではなくなる虞がある。尚、シリコン薄膜の平均膜厚は、エリプソメータ、光分光反射干渉計等によって測定すればよい。

【0019】本発明のシリコン薄膜並びに半導体装置においては、シリコン単結晶粒子群は、基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームを

パルス状にて照射することによって形成され、矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量(L)は40 $\mu$ m以下、好ましくは4 $\mu$ m以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)に対する該移動量の割合( $R=L/W$ )は0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%であることが望ましい。尚、本発明のシリコン薄膜あるいはその形成方法並びに半導体装置あるいはその製造方法においては、略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成す。この二辺を構成する結晶面は{220}面である。即ち、略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺を構成する結晶面は{220}面である。

【0020】上記の目的を達成するための本発明のシリコン単結晶粒子群の形成方法は、(イ)基体上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略<100>方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、(ロ)隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とする工程から成るシリコン単結晶粒子群の形成方法である。そして、矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量(L)を40 $\mu$ m以下、好ましくは4 $\mu$ m以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)に対する該移動量の割合( $R=L/W$ )を0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%とすることを特徴とする。

【0021】本発明のシリコン単結晶粒子群は、基体の表面に対する選択方位が略<100>方位である複数の略矩形のシリコン単結晶粒子から成り、シリコン単結晶粒子は基体上に格子状に配列され、隣接するシリコン単結晶粒子は離間状態にあることを特徴とする。

【0022】上記の目的を達成するための本発明のフラッシュメモリセルの製造方法は、(イ)トンネル酸化膜上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、トンネル酸化膜上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子のトンネル酸化膜の表面に対する選択方位が略<100>方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、(ロ)隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とし、以て、シリコン単結晶粒子群から成るフローティングゲートを形成する工程を含むフラッシュメモリセルの製造方法である。そして、矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量(L)を40 $\mu$ m以下、好ましくは4 $\mu$ m以下とし、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)

に対する該移動量の割合( $R=L/W$ )を0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%とすることを特徴とする。

【0023】本発明のフラッシュメモリセルは、トンネル酸化膜上に形成され、そして、トンネル酸化膜の表面に対する選択方位が略<100>方位である複数の略矩形のシリコン単結晶粒子から成るフローティングゲートを備えたフラッシュメモリセルであって、シリコン単結晶粒子はトンネル酸化膜上に格子状に配列され、隣接するシリコン単結晶粒子は離間状態にあることを特徴とする。尚、離間状態にあるシリコン単結晶粒子の厚さは、 $1 \times 10^{-8}$ m乃至 $8 \times 10^{-8}$ m、好ましくは $2 \times 10^{-8}$ m乃至 $5 \times 10^{-8}$ mであることが望ましい。

【0024】本発明のフラッシュメモリセル、あるいは本発明のフラッシュメモリセルの製造方法にて製造されるフラッシュメモリセルは、基本的には、半導体基板又はシリコン層に形成されたソース・ドレイン領域及びチャネル領域と、その上に形成されたトンネル酸化膜と、トンネル酸化膜上に形成されたフローティングゲートと、このフローティングゲートを覆う絶縁膜と、コントロールゲートから構成されている。

【0025】本発明のシリコン単結晶粒子群あるいはフラッシュメモリセルにおいては、シリコン単結晶粒子群は、(イ)基体(若しくはトンネル酸化膜)上に形成された非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、以て、基体(若しくはトンネル酸化膜)上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体(若しくはトンネル酸化膜)の表面に対する選択方位が略<100>方位であるシリコン薄膜を形成する工程と、(ロ)隣接する該シリコン単結晶粒子を離間状態とする工程に基づき形成される。そして、矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量(L)は40 $\mu$ m以下、好ましくは4 $\mu$ m以下であり、且つ、移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)に対する該移動量の割合( $R=L/W$ )は0.1乃至5%、好ましくは0.5%乃至2.5%であることが望ましい。

【0026】尚、本発明のシリコン単結晶粒子群若しくはその形成方法あるいはフラッシュメモリセル若しくはその製造方法においては、工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、工程(イ)において形成されたシリコン薄膜を酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成する工程から成ることが望ましい。あるいは又、工程(ロ)の隣接するシリコン単結晶粒子を離間状態とする工程は、工程(イ)において形成されたシリコン薄膜をエッチングし、隣接するシリコン単結晶粒子の間に空間を形成する工程から成ることが望ましい。また、工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形

のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは、出来る限り短いことが好ましいが、実用上、 $0.05\mu\text{m}$ 以上であることが望ましい。あるいは又、工程(イ)において形成されたシリコン薄膜の平均膜厚は $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $1\times 10^{-7}\text{m}$ 、好ましくは $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $6\times 10^{-8}\text{m}$ 、より好ましくは $1\times 10^{-8}\text{m}$ 乃至 $4\times 10^{-8}\text{m}$ であることが望ましい。更には、工程(イ)において形成されたシリコン薄膜における略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは移動方向と略45度の角度を成す。この二辺を構成する結晶面は $\{220\}$ 面である。即ち、略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺を構成する結晶面は $\{220\}$ 面である。

【0027】本発明における基体あるいはトンネル酸化膜として、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )、窒化シリコン( $\text{SiN}$ )、 $\text{SiON}$ 、酸化シリコンと窒化シリコンの積層構造、又は酸化シリコンと窒化シリコンと酸化シリコンの積層構造を例示することができるが、これらに限定されるものではない。基体等は、例えばシリコン半導体基板の表面を酸化あるいは窒化することによって形成することができるし、あるいは又、半導体基板や各種の層、配線等の上にCVD法等によって成膜することもできる。

【0028】紫外線ビームとしては、例えば、 $308\text{nm}$ の波長を有するXeClエキシマレーザや全固体紫外レーザを例示することができる。移動方向に沿って測った矩形の紫外線ビームの幅(W)は、 $40\mu\text{m}$ 乃至約 $1\text{mm}$ であることが好ましい。移動方向と直角の方向に沿って測った矩形の紫外線ビームの長さは任意である。紫外線ビームの縁部におけるエネルギーの立ち上がり極めてシャープな紫外線ビームを用いることが好ましい。このような紫外線ビームを射出する紫外線ビーム源として、XeClエキシマレーザ装置、アッテネータ、ビームを矩形に均一化するビームホモジナイザー及び反射鏡の組み合わせを挙げることができるが、これに限定されるものではない。

【0029】矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量(L)が $40\mu\text{m}$ を超えたり、紫外線ビーム照射位置の移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)の5%を移動量の割合( $R=L/W$ )が超える場合、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群が形成されなくなる虞があり、あるいは又、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位ではなくなる虞がある。また、移動量の割合( $R=L/W$ )が、紫外線ビーム照射位置の移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)の0.1%未満では、スループットが低くなり過ぎる。尚、紫外線ビーム源を固定し、基体を移動させてもよいし、基体を固定し、紫外線ビーム源を移動させてもよい

し、あるいは又、基体及び紫外線ビーム源の両方を移動させてもよい。

【0030】尚、シリコン単結晶粒子群を構成するシリコン単結晶粒子の内、30%以上の数のシリコン単結晶粒子がシリコン単結晶粒子の基体の表面に対して略 $\langle 100 \rangle$ 方位を有する場合に、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位であると規定する。また、略 $\langle 100 \rangle$ 方位であるとは、シリコン単結晶粒子の $\langle 100 \rangle$ 方位が基体の表面に垂直な方向と厳密には平行でないシリコン単結晶粒子を包含することを意味する。尚、選択方位とは、優先方位とも呼ばれる。膜などの形状を有する多結晶体の中で結晶の方位が無秩序ではなく、或る特定の方向に多くの結晶が一定の結晶軸、結晶面等を揃えている場合、このような構造は集合組織あるいは繊維構造と呼ばれる。そして、配向している結晶軸は選択方位と呼ばれる。

【0031】本発明において、何故、矩形の紫外線ビームの照射完了から次の矩形の紫外線ビームの照射開始までの間における紫外線ビーム照射位置の移動量

(L)を $40\mu\text{m}$ 以下とし、且つ、紫外線ビーム照射位置の移動方向に沿って測った紫外線ビームの幅(W)に対するかかる移動量の割合( $R=L/W$ )を0.1乃至5%とすることによって、基体上に格子状に配列した略矩形のシリコン単結晶粒子群から成り、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ であるシリコン薄膜が形成されるのか、不明な点が多い。しかしながら、非晶質若しくは多結晶のシリコン層の或る領域に、紫外線ビームを重ねながら且つずらしながらパルス状に照射し、しかも、紫外線ビームの形状を矩形とすることによって(即ち、紫外線ビームの縁部におけるエネルギーの立ち上がり極めてシャープな紫外線ビームを用いることによって)、蓄熱的に或る種の平衡的な温度状態と冷却(凝固)条件が成立するが故に、このようなシリコン単結晶粒子群が形成されると推定される。また、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位となる理由は、例えば $\text{SiO}_2$ から成る基体に対するSi表面の自由エネルギーの観点から、基体上に形成される(基体を覆う)シリコン単結晶粒子の選択方位が略 $\langle 100 \rangle$ 方位になると推定される。

【0032】

【実施例】以下、図面を参照して、好ましい実施例に基づき本発明を説明する。

【0033】(実施例1) 実施例1は、本発明のシリコン薄膜及びその形成方法に関する。実施例1においては、 $\text{SiO}_2$ から成る基体上に形成された非晶質のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射し、基体上にシリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜を形成した。紫外線ビームの照射条件等を、以下の表1に示す。

【0034】

【表1】

紫外線ビーム: XeClエキシマレーザ (波長308nm)  
 照射量 : 320mJ/cm<sup>2</sup>  
 パルス幅: 約26ns  
 周波数 : 約200Hz  
 ビーム形状 : 幅(W) 400μm×長さ150mmの矩形形状  
 移動量L : 4μm  
 移動量割合R: 1% (=4μm/400μm×100)

【0035】具体的には、石英から成る基板10の上に厚さ50nmのSiN膜11を成膜し、次いで、その上に厚さ100nmのSiO<sub>2</sub>から成る基体12を成膜した。その後、基体12上に厚さ30nmの非晶質のシリコン層13をPECVD法にて成膜した。この状態を、図1の(A)に模式的な一部断面図で示す。次いで、表1に示した条件にて、基体12上に形成された非晶質のシリコン層13に紫外線ビームをパルス状にて照射した。この状態を、図1の(B)に模式的な一部断面図で示す。尚、図1の(B)において、前回の紫外線ビームが照射されたシリコン層13の領域を点線で表し、今回の紫外線ビームが照射されたシリコン層13の領域を一点鎖線で表した。実施例1においては、移動量割合(R=L/W)が1%であるが故に、或る位置における非晶質のシリコン層13は、100回、パルス状の紫外線レーザに曝される。実施例1においては、紫外線ビーム源を固定し、基板10を移動させたが、基板10を固定し、紫外線ビーム源を移動させてもよいし、基板10及び紫外線ビーム源の両方を移動させてもよい。得られたシリコン薄膜14の模式的な一部断面図を図1の(C)に示す。尚、図1の(C)中、点線は結晶粒界を示す。シリコン単結晶粒子のそれぞれは、中央部が凹み、周辺部が凸状の断面形状を有していた。

【0036】得られたシリコン薄膜を透過型電子顕微鏡にて観察した結果を、図2の電子顕微鏡写真に示す。尚、透過型電子顕微鏡観察のための試料は、基板10、SiN膜11及び基体12を、HF/H<sub>2</sub>O=1/2の混合液を用いてエッチングして得られたシリコン薄膜のみから成る。得られたシリコン薄膜は、略矩形のシリコン単結晶粒子群から成ることが図2から解る。シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略〈100〉方位であった。また、略矩形のシリコン単結晶粒子の一辺の長さは0.1μm以上であった。略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行であった。この二辺を構成する結晶面は〈220〉面であった。尚、観察場所によっては、略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略45度の角度を成していた。

【0037】多結晶シリコンが完全に無配向の場合、〈111〉面からの回折強度I<sub>111</sub>と〈220〉面からの回折強度I<sub>220</sub>の比は、I<sub>111</sub>:I<sub>220</sub>=5:3であった。一方、実施例1にて得られたシリコン薄膜におけるI<sub>111</sub>:I<sub>220</sub>の値は、1:4であった。この回折強度比の分析からも、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略〈100〉方位であることが解る。尚、シリコン薄膜全体から見ると、シリコン単結晶粒子群を構成するシリコン単結晶粒子の内、約30%の数のシリコン単結晶粒子が基体の表面に対して〈100〉方位を有しており、残りのシリコン単結晶粒子の基体の表面に対する方位はランダムであった。また、基体の表面に垂直な方向と〈100〉方位が厳密には平行でないシリコン単結晶粒子が存在していた。更には、数個のシリコン単結晶粒子を単位として、隣接するシリコン単結晶粒子の結晶方位が一致しているものが数多く認められた。

【0038】実施例1にて得られたシリコン薄膜の表面を、AFM (Atomic Force Microscope)にて観察、測定した。測定結果を表3に示す。また、表面観察結果の写真を図3及び図4に示す。尚、図3は3μm四方の観察結果であり、図4は20μm四方の観察結果である。図3及び図4から、得られたシリコン薄膜は、基体上に格子状に配列したシリコン単結晶粒子群であることが解る。即ち、シリコン単結晶粒子のそれぞれは、規則正しく恰も基石のように並んでいることが解る。また、図4には、右上から左下に向かって線状の縞が幾筋も認められる。縞の間隔は約4μmであり、この値は、紫外線ビーム照射位置の移動量Lと概ね一致していた。また、略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは紫外線ビーム照射位置の移動方向と略45度の角度を成していた。

【0039】(比較例1) 比較例1においては、移動量L及び移動量割合Rを実施例1と異ならせた以外は、実施例1と同様の方法で基体上にシリコン薄膜を形成した。比較例1における移動量L及び移動量割合Rを、以下の表2に示す。

【0040】

【表2】

	移動量L (μm)	移動量割合R (%)
比較例1A	40	10
比較例1B	200	50

## 比較例1C 400

【0041】比較例1にて得られたシリコン薄膜の表面を、AFMにて観察、測定した。測定結果を表3に示す。また、表面観察結果の写真を図5（比較例1A）及び図6（比較例1B）に示す。尚、図5及び図6は3 $\mu$ m四方の観察結果である。図5及び図6から、移動量Lが40 $\mu$ m以上では、得られたシリコン薄膜は基体上に

## 100

格子状に配列した状態で無くなっていることが解る。また、移動量Lが大きくなるに従い、シリコン薄膜の凹凸も少なくなることが解った。

## 【0042】

## 【表3】

	移動量割合R	R <sub>a</sub> ( $\mu$ m)	RMS ( $\mu$ m)
実施例1	1%	11.71	14.50
比較例1A	10%	8.66	10.83
比較例1B	50%	4.81	5.98
比較例1C	100%	5.21	6.30

【0043】更に、移動量割合Rを10%に固定し、XeClエキシマレーザから成る紫外線ビームの照射量を280mJ/cm<sup>2</sup>、320mJ/cm<sup>2</sup>、340mJ/cm<sup>2</sup>、360mJ/cm<sup>2</sup>と変化させたが、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位が〈100〉方位であるシリコン薄膜を形成することができなかった。

【0044】（実施例2）実施例2及び実施例3は、本発明の半導体装置及びその製造方法に関する。実施例2においては、実施例1にて説明したシリコン薄膜の形成方法を適用して、ボトムゲート構造を有するn型-薄膜トランジスタを作製した。この半導体装置の作製にあたっては、先ず、ガラス基板20の表面にSiO<sub>2</sub>から成る絶縁層21を形成した後、不純物がドーピングされた多結晶シリコン層を全面にCVD法にて堆積させた。そして、かかる多結晶シリコン層をパターニングして、ゲート電極22を形成した。次に、CVD法にて全面にSiO<sub>2</sub>から成る基体23を形成した。この基体23はゲート酸化膜としても機能する。

【0045】次に、実施例1と同様に、SiO<sub>2</sub>から成る基体23上に、厚さ40nmの非晶質のシリコン層24をPECVD法にて成膜した（図7の（A）参照）。そして、形成された非晶質のシリコン層24に紫外線ビームをパルス状にて照射し（図7の（B）参照）、基体上にシリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜25を形成した（図7の（C）参照）。紫外線ビームの照射条件等は、表1に示したと同様とした。また、図7の（B）において、前回の紫外線ビームが照射されたシリコン層24の領域を点線で表し、今回の紫外線ビームが

照射されたシリコン層24の領域を一点鎖線で表した。

【0046】その後、形成されたシリコン薄膜25のソース・ドレイン領域を形成すべき領域に不純物のイオン注入を施し、次いで、イオン注入された不純物を活性化することによって、ソース・ドレイン領域26及びチャネル領域27を形成した。そして、全面に、例えばSiO<sub>2</sub>から成る絶縁層28をCVD法にて堆積させた後、ソース・ドレイン領域26の上方の絶縁層28に、フォトリソグラフィ技術及びRIE技術を用いて開口部を形成した。そして、この開口部内を含む絶縁層28上にアルミニウム合金から成る配線材料層をスパッタ法にて堆積させた後、配線材料層をパターニングして、絶縁層28上に配線29を完成させた（図8参照）。この配線29は、開口部内に埋め込まれた配線材料層を介して、ソース・ドレイン領域26と接続されている。

【0047】（実施例3）実施例3においては、移動量L及び移動量割合Rを実施例2と異ならせた以外は、実施例2と同様の方法でボトムゲート型のn型-薄膜トランジスタを作製した。実施例2及び実施例3における移動量L及び移動量割合Rを、以下の表4に示す。

【0048】（比較例2）比較例2においては、移動量L及び移動量割合Rを実施例2と異ならせた以外は、実施例2と同様の方法でボトムゲート型のn型-薄膜トランジスタを作製した。比較例2における移動量L及び移動量割合Rを、以下の表4に示す。

## 【0049】

## 【表4】

	移動量L ( $\mu$ m)	移動量割合R (%)
実施例2	4	1
実施例3	20	5
比較例2A	40	10
比較例2B	360	90

【0050】こうして作製された実施例2、実施例3、比較例2A及び比較例2Bのボトムゲート型のn型-薄膜トランジスタの特性を評価した。評価においては、V<sub>d</sub>=10V、V<sub>g</sub>=15Vとし、ドレイン電流（I<sub>ON</sub>）の測定を行った。結果を図9に示す。図9からも明らかな

ように、移動量割合Rが5%以下の場合、ドレイン電流（I<sub>ON</sub>）の値が増加している。

【0051】（実施例4）実施例4は、本発明のシリコン単結晶粒子群及びその形成方法、並びに、フラッシュメモリセル及びその製造方法に関する。以下、図10及

び図11を参照して、実施例4を説明する。

【0052】実施例4においては、まず、シリコン半導体基板30に、公知の方法でLOCOS構造を有する素子分離領域31を形成し、ウエルイオン注入、チャネルストップイオン注入、閾値調整イオン注入を行う。尚、素子分離領域はトレンチ構造を有していてもよい。その後、RCA洗浄によりシリコン半導体基板30の表面の微粒子や金属不純物を除去し、次いで、0.1%フッ化水素酸水溶液によりシリコン半導体基板30の表面洗浄を行い、シリコン半導体基板30の表面を露出させる。次いで、公知の酸化法に基づき、シリコン半導体基板30の表面に厚さ3nmのトンネル酸化膜(基体に相当する)32を形成する。

【0053】その後、実施例1と同様に、トンネル酸化膜32上に、厚さ約40nmの非晶質のシリコン層33をPECVD法にて成膜した(図10の(A)参照)。そして、形成された非晶質のシリコン層33に紫外線ビームをパルス状にて照射し(図10の(B)参照)、トンネル酸化膜32上にシリコン単結晶粒子群から成るシリコン薄膜34を形成した(図10の(C)参照)。紫外線ビームの照射条件等は、表1に示したと同様とした。尚、図10の(B)において、前回の紫外線ビームが照射されたシリコン層33の領域を点線で表し、今回の紫外線ビームが照射されたシリコン層33の領域を一点鎖線で表した。

【0054】得られたシリコン薄膜を透過型電子顕微鏡及びAFMにて観察した結果、一辺が約0.3 $\mu$ mの略矩形のシリコン単結晶粒子35が基体上に格子状に配列したシリコン単結晶粒子群が形成されていることが認められた。また、シリコン単結晶粒子の基体の表面に対する選択方位は略<100>方位であった。尚、シリコン薄膜全体から見ると、シリコン単結晶粒子群を構成するシリコン単結晶粒子の内、約30%の数のシリコン単結晶粒子が基体の表面に対して<100>方位を有しており、残りのシリコン単結晶粒子の基体の表面に対する方位はランダムであった。また、基体の表面に垂直な方向と<100>方位が厳密には平行でないシリコン単結晶粒子が存在していた。更には、数個のシリコン単結晶粒子を単位として、隣接するシリコン単結晶粒子の結晶方位が一致しているものが数多く認められた。また、略矩形のシリコン単結晶粒子の相対する二辺は、紫外線ビーム照射位置の移動方向と略平行、若しくは紫外線ビーム照射位置の移動方向と略45度の角度を成していた。

【0055】その後、隣接するシリコン単結晶粒子35を離間状態とした。具体的には、得られたシリコン薄膜34を1000°C×20分の酸素ガス雰囲気中で酸化し、隣接するシリコン単結晶粒子35Aの間に酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )から成る領域36を形成した(図11の(A)参照)。酸化後のシリコン単結晶粒子35Aの平均厚さは約10nmであり、大きさは7~13nmと

なる。また、かかるシリコン単結晶粒子35Aが一定の間隔(約0.3 $\mu$ m)にてトンネル酸化膜32(基体)上に格子状に配列していた。即ち、シリコン単結晶粒子のそれぞれは、規則正しく恰も碁石のように並んでいた。こうして、複数のシリコン単結晶粒子35Aから成るフローティングゲート37が形成される。尚、一般に、シリコンの酸化は、結晶粒界から優先的に進行する。また、シリコン単結晶粒子35のトンネル酸化膜32(基体)の表面に対する選択方位は略<100>方位であり、シリコン単結晶粒子群の方位が概ね揃っているため、酸化後のシリコン単結晶粒子の厚さ及び大きさの制御性は良い。

【0056】その後、酸化シリコン( $\text{SiO}_2$ )から成る領域36のバターニングを行い、不要な酸化シリコンから成る領域36及びシリコン単結晶粒子35Aを除去する。そして、全面に絶縁膜38をCVD法にて成膜し、更に絶縁膜38の上に不純物がドーピングされた多結晶シリコン層をCVD法にて成膜した後、多結晶シリコン層及び絶縁膜38をバターニングする。こうして、多結晶シリコン層から成るコントロールゲート39が形成される。

【0057】その後、露出したシリコン半導体基板30のソース・ドレイン領域を形成すべき領域に不純物のイオン注入を施し、次いで、イオン注入された不純物を活性化することによって、ソース・ドレイン領域40及びチャネル領域41を形成した(図11の(B)参照)。そして、全面に、例えば $\text{SiO}_2$ から成る絶縁層をCVD法にて堆積させた後、ソース・ドレイン領域40の上方の絶縁層に、フォトリソグラフィ技術及びRIE技術を用いて開口部を形成した。そして、この開口部内を含む絶縁層上にアルミニウム合金から成る配線材料層をスパッタ法にて堆積させた後、配線材料層をバターニングして、絶縁層上に配線を完成させた。この配線は、開口部内に埋め込まれた配線材料層を介して、ソース・ドレイン領域40と接続されている。こうして、フラッシュメモリセル(ナノドットメモリ)を作製した。

【0058】以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。実施例にて説明した各種の条件や半導体装置の構造は例示であり、適宜変更することができる。実施例においては、基体上に非晶質のシリコン層を形成したが、多結晶のシリコン層を形成してもよい。非晶質若しくは多結晶のシリコン層に紫外線ビームをパルス状にて照射する際、基体を加熱しておいてもよい。場合によっては、例えばエッチバックを行うことで、シリコン薄膜の表面の平坦化を行ってもよい。また、本発明の半導体装置あるいはその製造方法においては、基体上に形成された1つのシリコン単結晶粒子にソース・ドレイン領域及びチャネル領域を形成し、1つのシリコン単結晶粒子から1つのトランジスタ素子を作製することもできる。

この場合には、例えばリソグラフィ技術及びエッチング技術に基づきシリコン薄膜をパターンニングして不要なシリコン単結晶粒子を除去し、隣接するシリコン単結晶粒子を分離すればよい。あるいは又、酸化シリコンとエッチング選択比のある例えば窒化シリコン等から成る基体上に形成されたシリコン薄膜を酸化して、隣接するシリコン単結晶粒子の間に酸化シリコンから成る領域を形成した後、かかる酸化シリコンをエッチングすることによって、隣接するシリコン単結晶粒子を分離すればよい。更には、図12に模式的な一部断面図を示すように、本発明のシリコン薄膜にてフラッシュメモリセルのフローティングゲートを構成し、あるいは又、本発明のシリコン薄膜の形成方法に基づきフラッシュメモリセルのフローティングゲートを形成することもできる。

【0059】

【発明の効果】本発明においては、基体の表面に対する選択方位が略〈100〉方位であるシリコン薄膜を容易に且つ短時間で形成することができ、しかも、シリコン単結晶粒子群を規則的に基体（絶縁膜）上に配列することができる。従って、例えばTFTのより一層高度な特性の制御や特性の均一性の向上を図ることができるし、微細なシリコン単結晶粒子内にTFTを形成することによって、SOI技術の実現が可能となる。また、マクロ的にもシリコン薄膜の結晶性が向上することから、LCD用液晶パネル等に用いられるTFTの特性も向上する。また、直接トンネリング効果と電子蓄積を応用した低電圧動作が可能なフラッシュメモリセル（ナノドットメモリ）を実現することができる。更には、本発明のシリコン薄膜にてフラッシュメモリセルのフローティングゲートを構成すれば、フローティングゲートを構成するシリコン粒子の粒径のばらつきを小さくすることができるので、データ消去後の閾値電圧に変動が生じ難いフラッシュメモリを実現させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】実施例1におけるシリコン薄膜の形成方法を説明するための模式図、及び形成されたシリコン薄膜の模式的な一部断面図である。

【図2】実施例1にて得られたシリコン薄膜の透過型電子顕微鏡写真である。

【図3】実施例1にて得られたシリコン薄膜の表面をAFMにて観察して得られた写真の写しである。

【図4】実施例1にて得られたシリコン薄膜の表面をAFMにて観察して得られた写真の写しである。

【図5】比較例1Aにて得られたシリコン薄膜の表面をAFMにて観察して得られた写真の写しである。

【図6】比較例1Bにて得られたシリコン薄膜の表面をAFMにて観察して得られた写真の写しである。

【図7】実施例2における半導体装置の製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

【図8】実施例2におけるボトムゲート型の薄膜トランジスタの模式的な一部断面図である。

【図9】実施例2、実施例3及び比較例2のボトムゲート型のn型一薄膜トランジスタの特性評価結果を示すグラフである。

【図10】実施例4におけるフラッシュメモリセルの製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

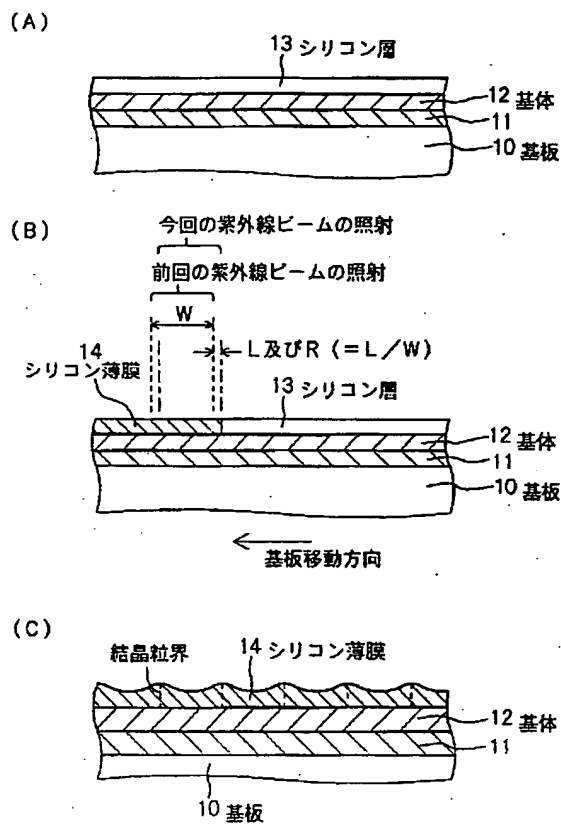
【図11】図10に引き続き、実施例4におけるフラッシュメモリセルの製造方法を説明するための基板等の模式的な一部断面図である。

【図12】本発明のシリコン薄膜にてフラッシュメモリセルのフローティングゲートを構成した例を示す模式的な一部断面図である。

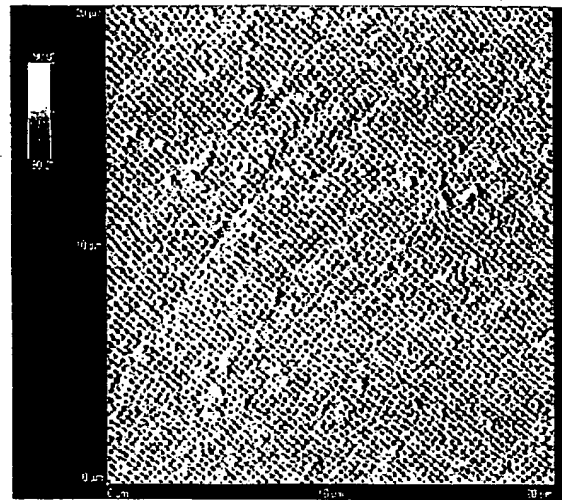
【符号の説明】

10・・・基板、11・・・SiN膜、12・・・基体、13・・・非晶質のシリコン層、14・・・シリコン薄膜、20・・・基板、21・・・絶縁層、22・・・ゲート電極、23・・・基体、24・・・非晶質のシリコン層、25・・・シリコン薄膜、26・・・ソース・ドレイン領域、27・・・チャネル領域、28・・・絶縁層、29・・・配線、30・・・シリコン半導体基板、31・・・素子分離領域、32・・・トンネル酸化膜（基体）、33・・・シリコン層、34・・・シリコン薄膜、35、35A・・・シリコン単結晶粒子、36・・・酸化シリコンから成る領域、37・・・フローティングゲート、38・・・絶縁膜、39・・・コントロールゲート、40・・・ソース・ドレイン領域、41・・・チャネル領域

【図1】

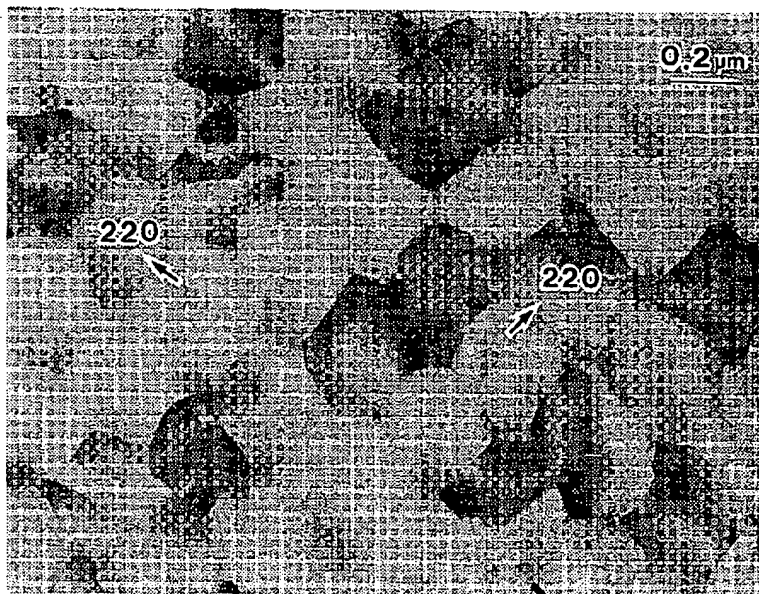


【図4】



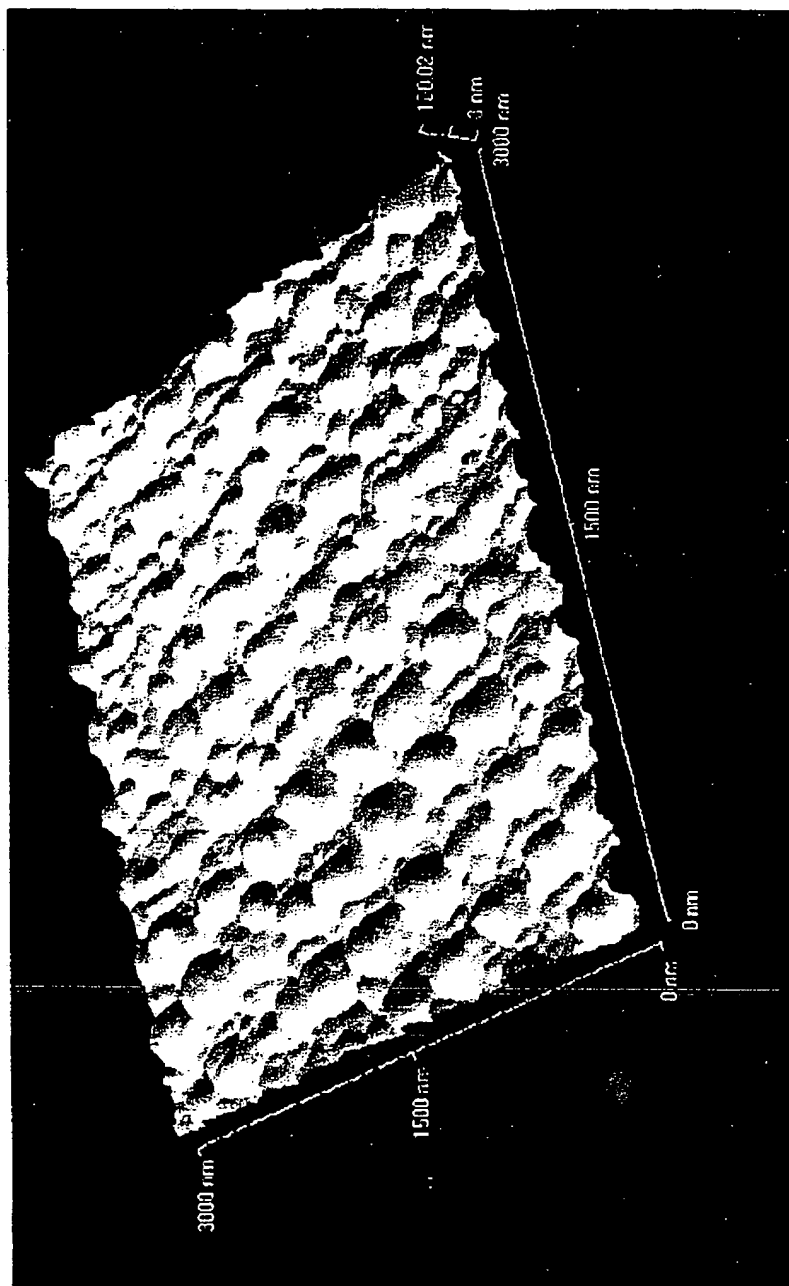
【図2】

図面代用写真

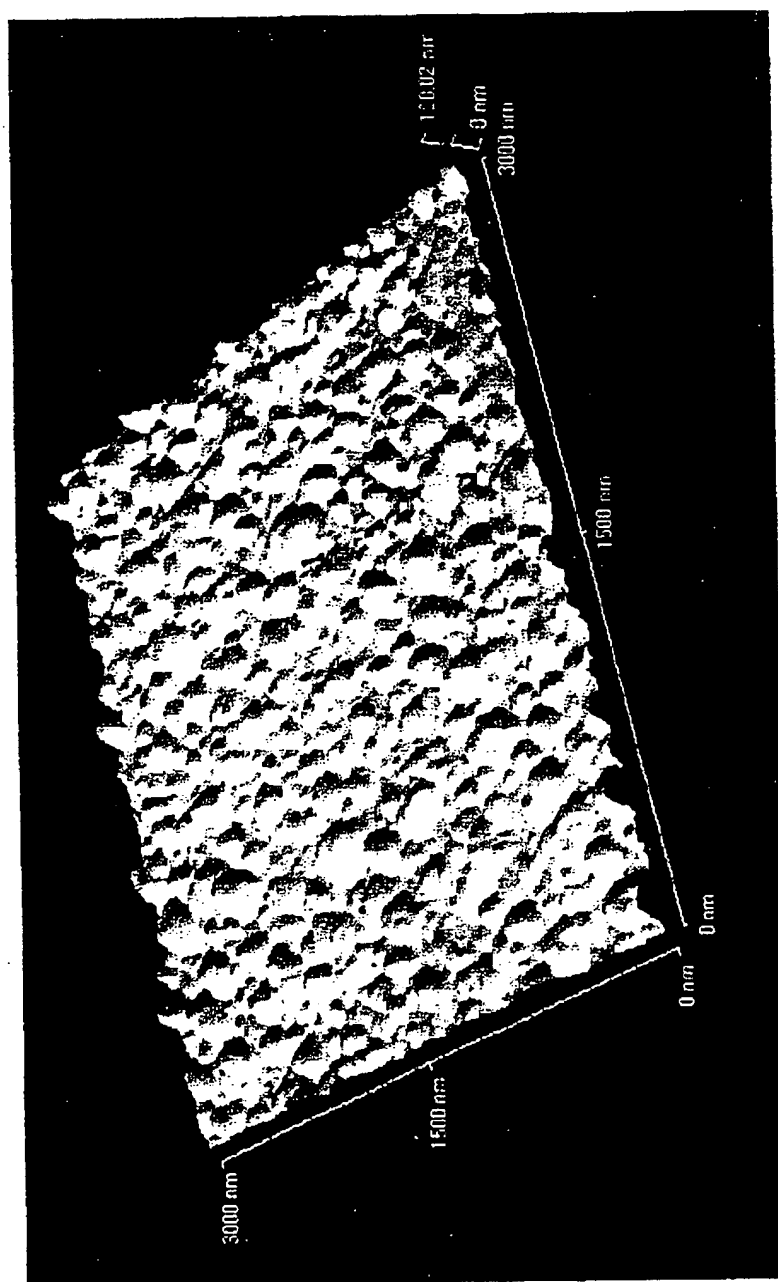




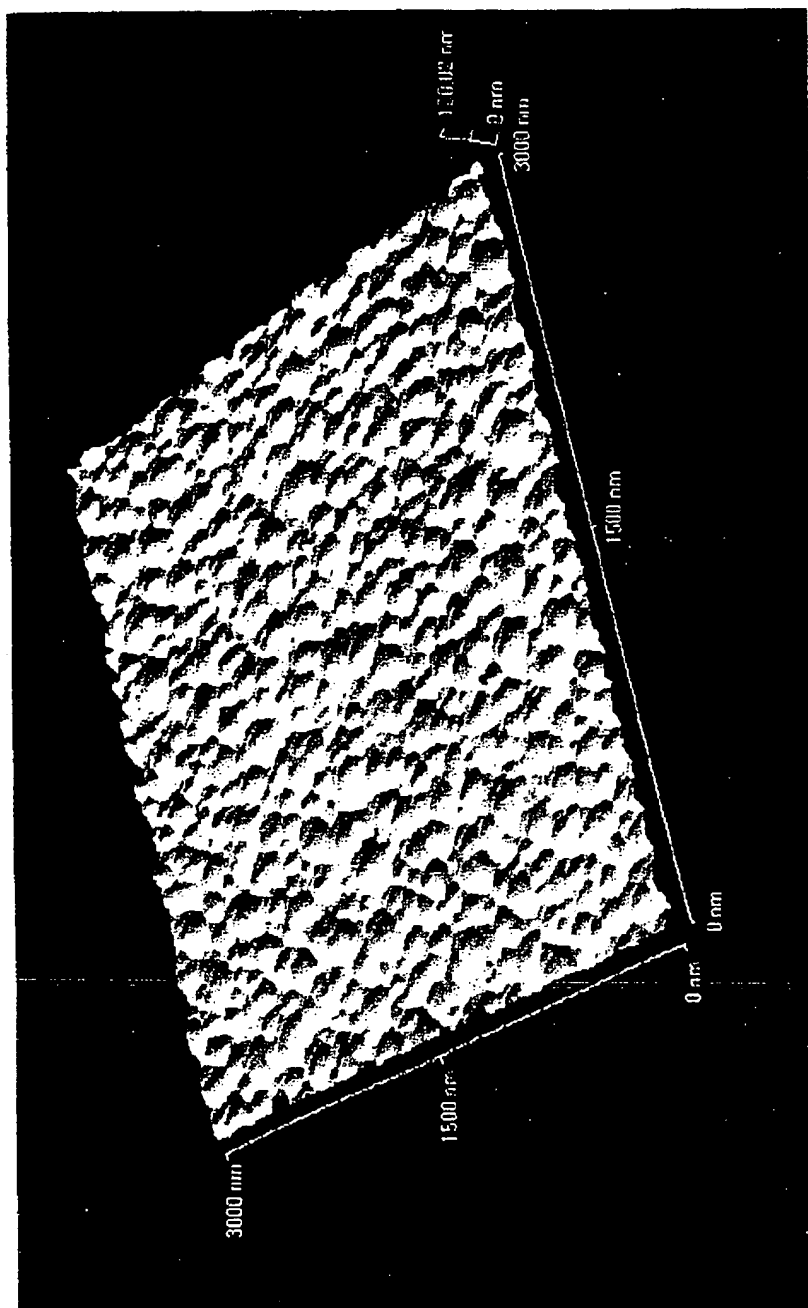
【図3】



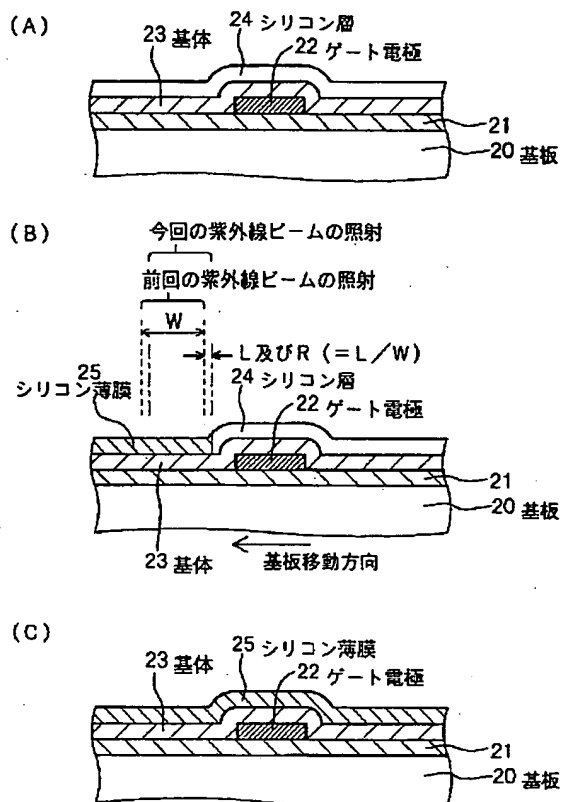
【図5】



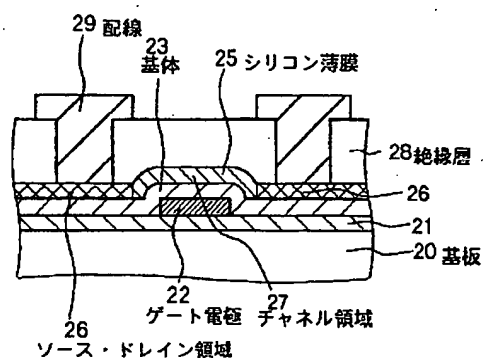
【図6】



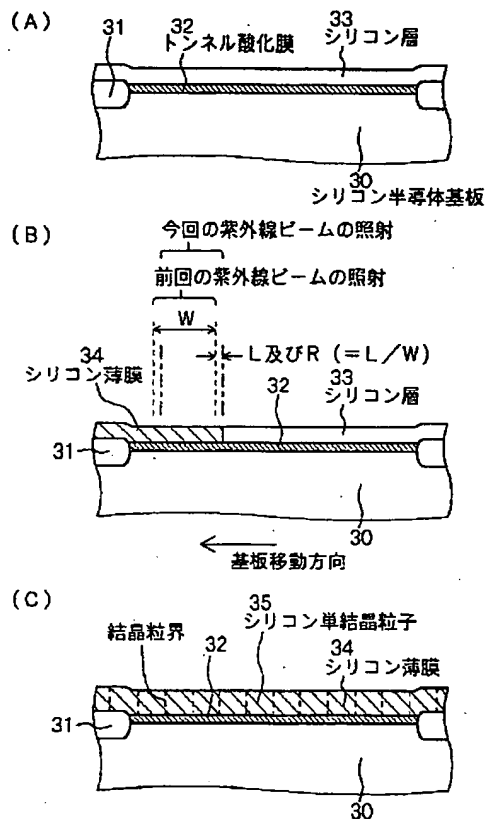
【図7】



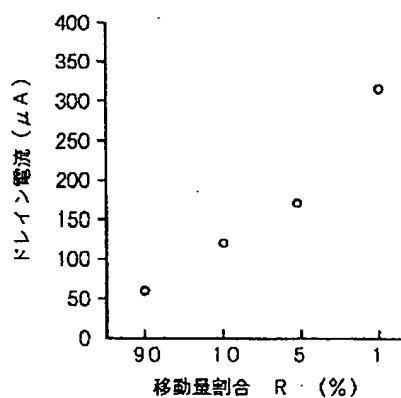
【図8】



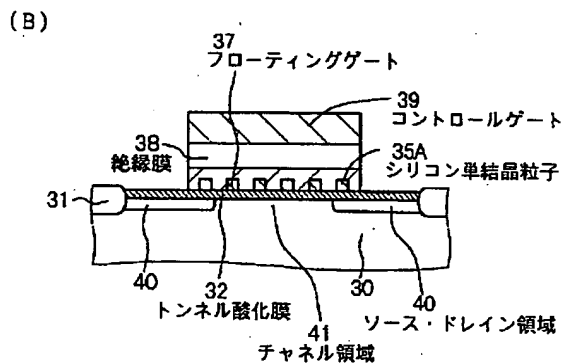
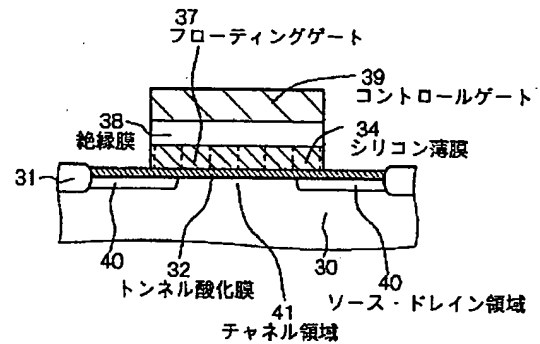
【図10】



【図9】



【圖12】



### 技術表示箇所

627G

東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソニ  
一株式会社内

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ **BLACK BORDERS**
- ☐ **IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES**
- ☐ **FADED TEXT OR DRAWING**
- ☐ **BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING**
- ☐ **SKEWED/SLANTED IMAGES**
- ☐ **COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS**
- ☐ **GRAY SCALE DOCUMENTS**
- ☐ **LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT**
- ☐ **REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY**
- ☐ **OTHER:** \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**